

**Altersbestimmung von Toten
durch Messung der Wurzeltransparenz
und der Sekundärdentinbildung**

Franz Seil



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554815_0081

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität München
Direktor: Prof. Dr. W. Spann

ALTERSBESTIMMUNG VON TOTEN
DURCH MESSUNG DER WURZELTRANSPARENZ
UND DER SEKUNDÄRDENTINBILDUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz Seil
aus Tann

1986

*Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München*

<i>Berichterstatter:</i>	<i>Prof. Dr. Liebhardt</i>
<i>Mitberichterstatter:</i>	<i>Prof. Dr. Spann</i>
<i>Dekan:</i>	<i>Prof. Dr. Spann</i>
<i>Tag der mündlichen Prüfung:</i>	<i>15.5.1986</i>

Meiner Mutter
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Alternative Methoden zur Altersbestimmung im Schrifttum	4
2.1. Altersbestimmung auf Grund chemisch-physi- kalischer Parameter	9
2.2. Altersbestimmung auf Grund der Abrasion der Zahnkrone	13
2.3. Altersbestimmung auf Grund der Zahnfarbe	16
2.4. Altersdiagnose anhand der Wurzelresorption	17
2.5. Veränderungen am Zahnhalteapparat	18
2.6. Degenerationerscheinungen in den Zahnsubstanzen	20
2.6.1. Zementapposition	20
2.6.2. Schmelzveränderungen	21
2.6.3. Degenerationerscheinungen an der Zahnpulpa	21
2.6.4. Alterserscheinungen im Dentin	24
2.7. Altersveränderungen am Zahnsystem	30
3. Eigene Untersuchungen	34
3.1. Methode	34
3.1.1. Beschränkung auf Wurzeltransparenz und Sekundär- dentinbildung	34
3.1.2. Eigene Methode zur Messung der Sekundärdentin- bildung	36
3.1.3. Eigene Methode zur Messung der Wurzeltransparenz	38
3.2. Material für die Untersuchung	41
4. Untersuchungsergebnisse	44

	Seite
5. Statistische Auswertung	60
5.1. Bestimmung der Regressionsgeraden	61
5.2. Bestimmung des Korrelationskoeffizienten	62
5.3. Bestimmung der Abweichungswerte	64
6. Diskussion der Ergebnisse	68
7. Zusammenfassung	74
8. Literaturverzeichnis	76

1. EINLEITUNG

Die Identifizierung von unbekannten Toten ist aus ethischen und rechtlichen Gründen eine der wichtigsten Aufgaben in der forensischen Medizin.

Besonders schwierig wird diese Identifizierung, wenn es sich um Leichen handelt, die durch Feuer- oder Wassereinwirkung, Verwesung und Tierfraß bis zur Unkenntlichkeit verändert sind.

Ebenso können stark verstümmelte Opfer krimineller Gewalttäter oder durch Massenumfälle, Explosionen oder Katastrophen getötete Menschen erhebliche Schwierigkeiten bei der Identifikation bieten, da bei derartigen Schädigungen oft nur Fragmente von Körper und Skelett erhalten bleiben.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Identifizierung ist die Bestimmung des Lebensalters.

Eine eindeutige und absolut zuverlässige Methode der Altersbestimmung ist nicht bekannt (1).

In der Anthropologie wird zum überwiegenden Teil der Obliterationszustand der Schädelnähte verwendet.

Bei gerichtsmedizinischen Untersuchungen werden die Veränderungen der Spongiosastruktur der proximalen Humerus- und Femur-Epiphyse, der Wirbelkörper und der Scapula zur Altersbestimmung herangezogen.

Ferner können Vergleiche von Röntgenaufnahmen des Skeletts mit eventuellen Röntgenaufnahmen zu Lebzeiten des zu Identifizierenden, arteriosklerotische Gefäßveränderungen, Altersrückbildung der Organe, Kalzinisierungsgrad der Knochen und serologische Untersuchungen Aufschluß über das Lebensalter geben.

Besonders wichtige Hinweise auf Lebensalter und Identität von Toten kann man aus dem Entwicklungszustand und den verschiedenen Altersveränderungen des Kausystems erhalten. Durch die erhebliche Variationsbreite von Form, Anzahl und Anordnung der Zähne im natürlichen Gebiß, durch pathologische Verhältnisse wie Stellungsanomalie, Hyper- oder Hypodontie, und durch die sehr individuelle Verteilung von Kronen, Brücken und Zahnfüllungen kann es dem Gerichtsmediziner sehr oft gelingen, in Zusammenarbeit mit den Zahnärzten die Identität von Leichen festzustellen.

Sehr viel schwieriger wird dies, falls kein vollständiges Kausystem mehr vorhanden ist, sondern nur noch Fragmente von Mandibula und Maxilla mit einzelnen Zähnen.

Der menschliche Zahn zeigt gegenüber äußeren Einflüssen, dank seiner Hartgewebsstrukturen, eine außerordentliche Widerstandskraft und kann somit bei hochgradig verstümmelten Leichen oder Kieforteilchen zur Altersbestimmung Unbekannter herangezogen werden (33).

Die zahlreichen Verfahren, die für die Altersbestimmung von Leichen anhand nur eines oder weniger Zähne beschrieben wurden, sind teilweise sehr aufwendig und schwierig zu bewerkstelligen, teilweise auch sehr ungenau.

Diese Arbeit ist mit dem Ziel durchgeführt worden, das Alter unbekannter Toter hinreichend genau und möglichst schnell zu bestimmen, unter der Voraussetzung, daß dem Gerichtsmediziner nur einige Zähne zur Verfügung stehen. Aufbauend auf die Arbeiten von FALTER (14), HIEMER (21) und POHL (35) sollte geklärt werden, ob das berechnete Zahnalter und das tatsächliche Alter auch unter Zuhilfenahme von nur

*zwei Parametern, nämlich Sekundärdentinbildung und Wurzel-
dentintransparenz, korrelieren und wie groß die maximalen
Abweichungen vom chronologischen Alter sind.*

2. ALTERNATIVE METHODEN ZUR ALTERSBESTIMMUNG IM SCHRIFTTUM

Versuche zur Altersbestimmung bei Leichen auf Grund odontostomatistischer Kriterien haben schon in der Vergangenheit stattgefunden.

Nach EULER (13) lassen sich Veränderungen, die das menschliche Zahnsystem im Laufe des Lebens durchmacht, in vier Gruppen einteilen:

1. Die intrauterine Zeit
2. a) Der Lebensabschnitt zwischen der Geburt und dem Beginn der ersten Dentition.
b) Die Zeit der ersten Dentition
3. a) Die Zeit zwischen Abschluß der ersten Dentition und Beginn der zweiten Dentition
b) Die Zeit des Wechselgebisses und der zweiten Dentition
4. Die Zeit nach Abschluß der zweiten Dentition

Bis zum Ende der zweiten Dentition, d.h. bis ca. zum 15. Lebensjahr sind die auf Angaben über Zahnbildung, Verkalkungsphasen und Durchbruch der Milchzähne und der bleibenden Zähne basierenden Daten relativ gut verwertbar (Tab.1).

Z a h n	Erste Zeichen von Verkalkung	Krone fertig gebildet	Zahn- durch- bruch	Wurzel fertig gebildet
<u>Milchgebiß</u>				
Mittlerer Schneidezahn	5.E.-M.	4.M.	6.- 8.M.	1 1/2-2 J.
Seitlicher Schneidezahn	5.E.-M.	5.M.	8.-10.M.	1 1/2-2 J.
Eckzahn	6.E.-M.	9.M.	16.-20.M.	2 1/2-3 J.
Erster Molar	5.E.-M.	10.-12.M.	20.-30.M.	3 J.
<u>Dauergebiß</u>				
<u>O b e r k i e f e r</u>				
Mittlerer Schneidezahn	3.-4.M.	4.- 5.J.	7.- 8.J.	10.J.
Seitlicher Schneidezahn	3.-4.M.	4.- 5.J.	8.- 9.J.	11.J.
Eckzahn	4.-5.M.	6.- 7.J.	11.-12.J.	13.-15.J.
Erster Praemolar	1 1/2-1 3/4 J.	5.- 6.J.	10.-11.J.	12.-13.J.
Zweiter Praemolar	2-2 1/4 J.	6.- 7.J.	10.-12.J.	12.-14.J. -
Erster Molar	Geburt	2 1/2-3.J.	6.- 7.J.	9.-10.J.
Zweiter Molar	2 1/2-3.J.	7.- 8.J.	12.-14.J.	14.-16.J.
Dritter Molar	7.-9.J.	12.-16.J.	17.-30.J.	18.-25.J.
<u>U n t e r k i e f e r</u>				
Mittlerer Schneidezahn	3.-4.M.	4.- 5.J.	6.- 7.J.	9.J.
Seitlicher Schneidezahn	3.-4.M.	4.- 5.J.	7.- 8.J.	10.J.
Eckzahn	4.-5.M.	6.- 7.J.	10.-11.J.	12.-14.J.
Erster Praemolar	1 1/2-2 J.	5.- 6.J.	10.-12.J.	12.-13.J.
Zweiter Praemolar	2 1/4-2 1/2 J.	6.- 7.J.	11.-12.J.	13.-14.J.
Erster Molar	Geburt	2 1/2-3 J.	6.- 7.J.	9.-10.J.
Zweiter Molar	2 1/2-3 J.	7.- 8.J.	12.-13.J.	14.-15.J.
Dritter Molar	8.-10.J.	12.-16.J.	17.-30.J.	18.-25.J.

Tab.1: Mineralisationsstadien und Durchbruchzeiten des Milchgebisses
und der permanenten Zähne (49).

Die Altersbestimmung in der intrauterinen Phase gründet sich auf die Mineralisation der Milchzähne.

Zur Zeit der Geburt zeigt sich die Verkalkung der Höcker des ersten bleibenden Molaren, bis zum 6. Lebensmonat vollzieht sich die Verkalkung der Frontmilchzahnkronen und die Verdickung des Alveolarrandes, bis 2 1/2 Jahren die Entwicklung und der Durchbruch der Milchzähne, bis zum 6. Lebensjahr die Verkalkung der bleibenden, der Abschluß der Milchzahnentwicklung und das Auftreten von Abrasion an den Milchzähnen.

Vom 6. bis zum 12. Lebensjahr kann das Alter auf Grund der Resorption der Milchzahnwurzeln bestimmt werden sowie durch den Durchbruch und die Verkalkung des Wechselgebisses (15).

Vom 12. bis 16. Lebensjahr folgt die komplette Ausbildung der Wurzeln vor allem des zweiten Molaren.

Die Verkalkung und der Durchbruch des Weisheitszahnes kann nicht zur Altersbestimmung herangezogen werden, da diese Parameter zwischen dem 8. und 40. Lebensjahr auftreten können.

Benutzt man die zweite Dentition zur Altersbestimmung, müssen mehrere Fehlermöglichkeiten berücksichtigt werden, vor allem Verzögerungen und Störungen des Durchbruchs der Zähne. Die Ursache für derartige Irregularitäten im Zahnwechsel können symptomatischer und lokaler Art sein.

Zu den symptomatischen Entwicklungsstörungen gehören Stoffwechselerkrankungen wie z.B. die auf Vitamin-D-Mangel beruhende Rachitis und die Vitamin-A-Mangelerkrankung.

Außerdem können endokrine Störungen und Erbkrankheiten vorliegen, die zu vermindertem Wachstum bis zur Anodontie (völlige Zahnlosigkeit) führen können (BATESBY: zit. in 49).

Zu den lokalen Faktoren für eine Behinderung des normalen Zahnwechsels zählen Zahnretentionen, die durch Verwachsungen, Verschmelzungen, Verletzungen, Entzündungen, Zysten und Geschwulsten an den Zahnfollikeln entstehen können.

Forensisch von größtem Interesse ist die Zeit nach Abschluß der zweiten Dentition bis zum Tode. In diesem längsten Lebensabschnitt ist die Altersbestimmung sehr viel schwieriger, weil die zeitlich festgelegten Merkmale der Dentition wegfallen. Dafür spielen in dieser Zeit viel mehr individuelle Einflüsse eine Rolle.

Nach dem Abschluß der zweiten Dentition ist die Ausbildung des Gebisses beendet. Von nun an unterliegt es Degenerationserscheinungen wie jeder Teil des lebenden Organismus. Gerade diese Veränderungen machen es jedoch möglich, auch bei Leichen von Erwachsenen eine Altersbestimmung mit Hilfe der Zähne durchzuführen.

Folgende Alterserscheinungen an Zähnen sind in der Literatur einer Prüfung unterzogen worden:

1. *Chemisch-physikalische Veränderungen*
2. *Abrasion*
3. *Zahnfarbe*
4. *Wurzelresorptionen*
5. *Veränderungen am Zahnhalteapparat*
 - 5.1. *in der Wurzelhaut*
 - 5.2. *am Alveolarknochen*
6. *Degenerationerscheinungen in den Zahnsubstanzen*
 - 6.1. *Zement*
 - 6.2. *Schmelz*
 - 6.3. *Pulpa*
 - 6.4. *Dentin*
7. *Veränderungen am Zahnsystem*

2.1. Altersbestimmung auf Grund chemisch-physikalischer Parameter

Schon Ende des 19. Jahrhunderts beschäftigten sich Wissenschaftler mit der Frage der Altersveränderungen an Zähnen.

1895 stellte KÜHNS (27) fest, daß sich die chemische Zusammensetzung der harten Zahnsubstanzen des Menschen in den verschiedenen Altersstufen verändert.

Er findet mit zunehmendem Alter eine Abnahme des Gewebswassers und eine Zunahme des Kalziumspiegels.

SCHULZ (41) konnte dagegen mit steigendem Alter keine nennenswerten Unterschiede weder am Schmelz noch am Zement nachweisen.

Untersuchungen von GERLACH (17) zeigten, daß durch die schichtweise Ablagerung des Dentins, beginnend an der Krone und endend an der Wurzelspitze, altersbedingt Unterschiede im Kalziumgehalt auftraten.

Was die Kalziumverteilung betrifft, so besteht der Alterungsprozeß in einer Angleichung der jüngsten Schichten an die älteren, so daß der Kalziumgehalt des Zahnes mit zunehmendem Alter steigt.

SUTOR (45) verglich 1937 die spezifischen Gewichte von Zähnen und wies in einer korrelationstheoretischen Berechnung nach, daß sich die Verkalkung der Zähne direkt proportional zum Lebensalter verhält.

Auch BRANIK (6) untersuchte die Beziehung zwischen Dichte der Zähne und Lebensalter. Sie kommt zu dem Schluß, es sei zwar eine Dichtezunahme mit steigendem Alter vorhanden, diese sei jedoch nicht signifikant, so daß die Dichtebestimmungen kaum die anderen Methoden zur Altersbestimmung ersetzen können.

MAY (29) arbeitete 1952 eine Methode aus, mit der er durch Messungen des Aschegehalts des Dentins von Eckzähnen eine objektive Altersbestimmung durchführen wollte. Zusammenfassend schreibt er, daß sich durch die ständig fortschreitende Verkalkung der Zähne, auch nach deren Durchbruch, ein lineares Abhängigkeitsverhältnis zwischen Alter des Zahnes und dessen Gewichtsverlust bei Veraschung feststellen läßt.

Auch HOHMANN (22) findet eine lineare Abhängigkeit zwischen Alter und Verkalkungsgrad des Dentins der Front- und Eckzähne. Der Durchschnittsirrtum liegt bei 6,6 Jahren.

In einer Fortführung und Überprüfung der Arbeiten von MAY und HOHMANN lehnen FÖRSTER und HAPPEL (zit. in 25) die Untersuchungen nach fast der gleichen Methode, auf Grund des Mineralisationsgrades des Zahndentins das Lebensalter des Menschen zu bestimmen, infolge mangelnder Exaktheit für forensische Belange ab.

Sie erklären stark schwankende Werte für die Verkalkungsintensität des Zahnbeins mit dem für jedes Individuum unterschiedlichen Stoffwechsel, der abhängig ist von Erbgut, Konstitution, Umwelt, Lebensbedingungen und Ernährung.

BANG und MONSON (2) untersuchten 1968 durch Veraschung den Mineralisationsgrad des Wurzeldentins von 20 Zähnen (Incisivi, Canini und Praemolaren), die von Personen zwischen 12 und 79 Jahren stammten.

Sie konnten dabei keine eindeutigen Altersunterschiede hinsichtlich des Gehalts an anorganischen Bestandteilen feststellen.

Auf die Arbeit von BANG und RAMM über die Wurzeldentintransparenz wird später eingegangen.

MÜLLER (31) kommt deshalb zu dem abschließenden Urteil:

"Die Altersbestimmung nach dem Mineralisationsgrad des Zahndentins ist für forensische Zwecke nicht brauchbar."

Nachdem die chemischen Untersuchungsmethoden wenig erfolgversprechend waren, wandten sich einige Forscher den physikalischen Methoden zu.

Neben der Dichte des Dentins (siehe oben), wurden Härte und Elastizität der Zähne untersucht.

Bezüglich der Elastizität des Zahnmaterials konnten FURUHATA und YAMAMOTO (zit. nach 25) nur eine ungenügende Korrelation zum Alter nachweisen.

Aufbauend auf BEUST (zit. in 9) hat DALITZ (9) versucht, die Dentinhärte in Beziehung zum Lebensalter zu bringen.

Die so gewonnenen Ergebnisse erwiesen sich aber für eine Altersdiagnose als unbrauchbar.

Auch BRUCKNER (8) untersuchte die Härte des Dentins und fand, daß die Vickershärte der Wurzelkanalwand bis etwa zum 40. Lebensjahr zunimmt und dann wieder bis unter die Werte des zweiten Jahrzehnts absinkt.

POTHMANN (36) negierte jegliche Veränderung der Härte des Dentins im Laufe eines Zahnlebens.

KIESEL (25) ist es auf Grund der geringen Probandenzahl seiner Untersuchungen nicht möglich, eine genaue Aussage darüber zu treffen, ob die Härtemessungen des Zahnbeins zur Altersbestimmung herangezogen werden können.

Er neigt aber eher zu einer negativen Schlußfolgerung.

2.2. Altersbestimmung auf Grund der Abrasion der Zahnkrone

Die Abrasion der Zähne ist eines der ältesten zur Altersbestimmung verwendeten Kriterien.

Sie ist schon früher von Anatomen beschrieben und auch praktisch in der Tierheilkunde zur Altersdiagnose verwendet worden.

Schon 1879 durch BROCA (7) und 1882 durch BAUME (4) wurden Versuche unternommen, die Stärke der Abkauung der Zahnkrone als Hinweis auf das Alter zu werten.

BAUME stellte für diesen Zweck ein spezielles Schema der Zahnabrasion auf, auf das auch THOMA (47) 1953 bei seinen Untersuchungen zurückgriff.

Danach beschränkt sich die Abkauung an den Zähnen bis zum 30. Lebensjahr auf den Schmelz. Gegen Ende des 4. Jahrzehnts ist das Zahnbein erreicht, das sich mit seiner gelblichen Farbe deutlich vom Schmelz abhebt.

Im folgenden Jahrzehnt wird der Dentinsaum breiter und dunkler und weist eine muldenförmige Einsenkung auf.

Bis zum 60. Lebensjahr wird der gesamte Querschnitt der Zähne in die Abkauung einbezogen.

Gegen Ende des 7. Jahrzehnts erreicht der Abnutzungsschliff die Pulpahöhle der Zahnkrone, bzw. das schwärzliche Dach des sekundären Ersatzdentins.

Dieses Schema vom Ende des 19. Jahrhunderts ist heute in den meisten Fällen nicht mehr anzuwenden.

Durch veränderte Ernährungsgewohnheiten und die viel weichere Nahrung heutzutage kommt es nur noch selten zu Abrasionsbildern, die den von BAUME beschriebenen entsprechen (40).

Es kann jedoch auch, auf bestimmte Zahngruppen bezogen, zu sehr großen Abrasionen kommen.

Dies ist vor allem bei schlecht mineralisiertem Schmelz oder bei bestimmten Dysgnathien (Kopfbiß) möglich.

Auch bei nächtlichen Zähneknirschen und -pressen (Bruxismus) als Folge von Artikulationsstörungen im Zahnsystem (Frühkontakte) kann eine verstärkte Abrasion auftreten.

Auf die Tatsache, daß die Abrasion nicht nur okklusal, d.h. auf den Zahnhöckern, sondern auch im Bereich der seitlichen Kontaktpunkte der Zähne zu finden ist, wies SAUERWEIN (39) hin.

Falls sich die normalerweise anzutreffenden interdentalen Kontaktpunkte bereits in Kontaktflächen umgewandelt haben, kann man eher davon ausgehen, daß es sich um einen Menschen in hohem Alter handelt, als bei sehr großer okklusaler Abrasion (siehe oben).

Auf Grund der großen Schmelzhärte und der geringen physiologischen Eigenbeweglichkeit der Zähne kommt es erst nach langjähriger Kautätigkeit bei gleichzeitiger Vollbezahnung des Kiefers bis ins hohe Alter zur Bildung dieser approximalen Schliffacetten mit Einengung des interdentalen Raumes. Diese Aussage stellt jedoch ein rein qualitatives Faktum dar, kann aber einer korrelationstheoretisch-quantitativen Prüfung nicht standhalten.

Da der heute lebende Kulturmensch im allgemeinen während des Kauvorganges seine Zähne kaum einer stärkeren mechanischen Beanspruchung aussetzt, kann der Abnutzungsgrad des Gebisses zur Alterangabe nur als unterstützender Beleg benutzt werden.

Zusammenfassend kann man deshalb sagen, daß eine direkte Beziehung zwischen Alter des Individuums und Abrasionsgrad

als alleiniger Altersparameter nicht angenommen werden kann.

Dem Abrasionsbefund für die Bestimmung des Sterbealters am Skelett kommt nach den vorliegenden Befunden somit nur eine untergeordnete Bedeutung zu (48).

2.3. Altersbestimmung auf Grund der Zahnfarbe

Es ist allgemein bekannt, daß ältere Menschen dunklere Zähne haben als jüngere.

Deshalb sind einige Autoren auf die Idee gekommen, das Lebensalter des Menschen anhand der Zahnfarbe zu bestimmen.

LEFÈVRE (zit. in 24) benützt bei seinen Untersuchungen jedoch nicht die Zahnkrone, sondern die Farbveränderung der Zahnwurzel, die durch Dickenzunahme des Wurzelzementmantels bedingt ist. Er stellte dabei eine ganze Farbskala für die Altersbestimmung auf.

RHEINWALD (38) hat sich ebenfalls intensiv mit Farbuntersuchungen befaßt und kommt zu dem Ergebnis, daß eine wissenschaftlich exakte Auswertung der Zahnfarbenänderung im Laufe des Lebens nicht möglich ist.

Zwar überwiegen bei seinen Untersuchungen im jugendlichen Gebiß die weißen Tönungen und im Alter die gelben, ob aber diese dunkleren bereits genetisch determiniert sind oder erst im Laufe des Lebens durch exogene Einflüsse erworben werden, konnte er nicht mit absoluter Sicherheit klären.

Selbst wenn gewisse endogene Einflüsse wie Transparenzzunahme des Schmelzes oder Dunklerwerden des Dentinkerns der Zahnkrone zu einer Farbänderung des Zahnes führen sollten, kann man dennoch sagen, daß hier in erster Linie Umwelteinflüsse wie Rauchen, Eß- und Trinkgewohnheiten sowie die Zahnpflege eine Rolle spielen.

Für eine objektive Altersdiagnose wird die Farbbestimmung deshalb kaum ausschlaggebend sein.

Zudem hängt die Festlegung einer Farbe stark vom subjektiven Farbhempfinden des jeweiligen Betrachters ab.

2.4. Altersdiagnose anhand der Wurzelresorption

Nach RAUSCHKE (37) kommt es an der Wurzelspitze mit steigendem Alter zu Resorptionserscheinungen, die im Röntgenbild als mehr oder minder ausgeprägte Abflachung der Wurzelspitze erkennbar sind.

Wurzelresorptionen werden jedoch nicht nur im Alter, sondern auf Grund mannigfaltiger Einflüsse auch schon in jungen Jahren beobachtet.

KESSLER (zit. in 44) hat die Ursachen solcher Resorptionen der Wurzelspitze zusammengestellt:

1. Entzündungen (Parodontitis apicalis acuta et chronica)
2. Traumatisch bedingte Resorptionen
3. Resorptionen im Anschluß an Wurzelbehandlungen
4. - " - bei pulpentoten Zähnen
5. - " - an retinierten Zähnen
6. - " - durch benachbarte Tumore
7. - " - als Symptom bei Vitaminmangel
8. - " - bei Kieferbruchschienung
9. - " - bei falsch konstruiertem Zahnersatz
10. - " - an parodontal erkrankten Zähnen

Wenn man mittels der Wurzelresorption auf das Alter schließen möchte, so müßte man alle oben aufgeführten Punkte ausschließen. Da dies bei stark verwesenen, unbekannten Leichen nicht möglich sein dürfte, ist eine Alterdiagnose, die ausschließlich auf der Resorption der Wurzelspitze beruht, abzulehnen.

2.5. Veränderungen am Zahnhalteapparat

Mit zunehmendem Alter kommt es individuell verschieden zu einer Lockerung von Zähnen.

Dies ist entweder der Ausdruck des Knochenabbaus im Alter, oder eines Nachlassens der Elastizität der Bindegewebsfasern der Wurzelhaut.

Das Desmodontalgewebe ist vor allem bei stark verwesenen Leichen nur sehr schlecht für eine Altersbestimmung heranzuziehen, etwa über die Messung des Parodontalspalts in Röntgenbildern.

Die Veränderungen der Alveolarknochen können zweierlei Ursachen haben:

Zum einen die *Atrophia alveolaris senilis* und zum anderen die marginale Parodontitis.

Erstere gilt als Muster der senilen Involution am Knochen. Da aber bei fast sämtlichen Kiefern zumindest eine superfizielle Parodontitis vorhanden ist, ist die Grenze zwischen seniler Atrophie und entzündlichen Abbau schwer zu ziehen. Besonders schwierig wird es, wenn keine Weichteilinspektion mehr vorgenommen werden kann, wie dies bei Skelettfunden der Fall ist.

Bei der *Atrophia alveolaris senilis* ist der Schwund des Zahnhalteapparates ein Zeichen des Alterns, während bei der marginalen Parodontitis entzündliche Vorgänge die Ursache sind, die durch mangelhafte Zahnpflege, überstehende zahnärztliche Restaurationen oder dauernde Traumatisierung des Zahnfleisches ausgelöst werden (13).

Beide Erscheinungen haben die allmähliche Freilegung des Zahnhalses zur Folge.

Falls man sich des kombinierten Auftretens beider Phänomene bewußt ist, kann man die Veränderungen am Zahnhalteapparat zur Altersbestimmung verwenden.

2.6. Degenerationerscheinungen in den Zahnsubstanzen

2.6.1. Zementapposition:

Die Zahnwurzel erhält mit zunehmendem Alter einen Zementmantel und wird dadurch dicker.

Der Zement ist in der Struktur und Zusammensetzung dem Knochen ähnlich.

Die chemische Zusammensetzung des Zements ist:

32 % Wasser

22 % organische Substanz

46 % anorganische Substanz

Wie bereits oben erwähnt, kann man aus den mineralischen Komponenten des Zements, die sich vorwiegend aus Kalzium und Phosphor zusammensetzen, keine Altersdiagnose herleiten.

Die Zementbildung beginnt bereits vor dem Zahndurchbruch und überdauert bei funktionsfähigem Desmodont den Abschluß des Wurzelwachstums. Deshalb wurde versucht, die sich vermehrende Anlagerung von Sekundärzement an die zunächst nur sehr dünne Primärzementschicht in Beziehung zum Alter zu bringen.

Nach Untersuchungen von FRÖHLICH (16) soll an allen Zähnen eine mit dem Alter gekoppelte lineare Zementvermehrung stattfinden.

Für die Altersgruppe vom 35. bis zum 70. Lebensjahr ist an den Schneidezähnen eine Zunahme der Zementdicke von 0,1 auf 0,2 mm und an den Seitenzähnen von 0,2 auf 0,3 mm statistisch gesichert.

Vor einer Überbewertung der Zementaposition warnt jedoch EULER (12).

Die Bewertung muß vorsichtig vorgenommen werden, da lokale Entzündungen, funktionelle Störungen oder allgemeine Osteopathien ebenfalls eine Hyperzementose verursachen können.

2.6.2. Schmelzveränderungen:

Schmelz ist mit 96 % anorganischer Substanz und einer Vickershärte von ca. 55 die härteste Substanz im Körper. Wie bereits oben erwähnt konnten gravierende Änderungen der chemischen Zusammensetzung im Verlauf des Lebens nicht nachgewiesen werden.

Auch Abrasionsuntersuchungen führten zu keinen konkreten Ergebnissen. FALTER (14) fand bei Schmelzdickenmessungen von 43 Zahnschliffen keine Korrelation zum Lebensalter. Weitere Angaben in der Literatur über den Zusammenhang zwischen Schmelz und Lebensalter konnten nicht gefunden werden.

2.6.3. Degenerationerscheinungen an der Zahnpulpa:

Die Pulpa ist mesodermalen Ursprungs.

Sie setzt sich zusammen aus ca. 70 % Wasser, verschiedenen Salzen, Enzymen, Proteinen und Fettsäuren.

Ihre Grundsubstanz ist eine ungeformte Matrix aus Proteinen, Glykoproteinen und Mukopolysacchariden mit retikulären und kollagenen Fasern und Fibrillen, sowie Gefäßen und Nerven.

Eine der altersbedingten Veränderungen der Zahnpulpa ist der sinkende Wassergehalt mit steigendem Alter (6).

Bis zu 30 Jahren beträgt der Wassergehalt etwa 80 %, von 30 - 49 Jahren ca. 68 % und nach dem 50. Lebensjahr nur mehr etwa 54 %.

Der entscheidende Nachteil dieser Methode ist, daß stark verwesene Leichen oder durch große Hitzeeinwirkung Getötete dieser Untersuchung nicht zugeführt werden können, da sich der Wassergehalt der Pulpa in diesen Fällen nicht mehr feststellen läßt.

Eine weitere interessante Veränderung der Zahnpulpa ist die Sekundärdentinbildung mit Verkürzung und Einengung des Pulpencavums.

Während die Schmelzentwicklung beim Zahndurchbruch abgeschlossen ist, kommt die Dentinbildung auch in der Gebrauchsperiode nicht zum Stillstand.

Die an der Grenze zwischen Pulpa und Dentin angesiedelten Odontoblasten bilden auf Grund funktioneller Reize das sogenannte Sekundärdentin, das etwas weniger mineralisiert ist und weniger Dentinkanälchen enthält als das Primärdentin. Auf Grund der dauernden Anlagerung von Sekundärdentin am Dach der Pulpahöhle, nimmt die longitudinale Ausdehnung des Cavums immer mehr ab (47, 18, 14).

Doch auch in transversaler Richtung kommt es zu einer Einengung der Pulpakammer (46).

Würde sich die Sekundärdentinbildung unbeeinflusst von exogenen Noxen abspielen, wäre sie sicher eine ausgezeichnete Methode zur Altersbestimmung.

Es muß jedoch in diesem Zusammenhang erwähnt werden, daß sowohl die Pulpenatrophie als auch die damit verbundene Verdickung der Dentinschicht durch tiefe Karies, Zahnfrakturen

im Kronenbereich, freiliegende Zahnhälse und Präparations-
traumata bedingt sein kann.

Eine verstärkte Sekundärdentinbildung kann auch durch
Usuren hervorgerufen werden, d.h. durch lokal begrenzte
Abnutzungen der Zähne, etwa durch das "Nadelbeißen" der
Näherinnen, durch verstärkte Beanspruchung bei Glasbläsern
oder Blasmusikern oder durch Habits wie Pfeifenrauchen.
HÄUPL (19) meint deshalb, daß die involutorischen, regres-
siven und degenerativen Veränderungen der Pulpa so sehr
zum Wesen dieses Gewebes gehören, daß man keine Grenze
zwischen dem Physiologischen und dem Pathologischen ziehen
kann.

Deshalb dürfte es nicht den biologischen Gegebenheiten
entsprechen, die Sekundärdentinbildung als alleiniges
Kriterium mit dem Lebensalter in ein lineares Verhältnis zu
bringen.

Gemeinsam mit anderen Altersmerkmalen kann die Beurteilung
des Sekundärdentins für eine Altersdiagnose jedoch von gros-
sem Wert sein (18, 10).

2.6.4. Alterserscheinungen im Dentin:

Nicht ohne Grund ist die Besprechung des Zahndentins an den Schluß der Übersicht über die Altersveränderungen der Zahnschubstanzen gestellt worden.

Das Zahndentin stellt die interessanteste Substanz im Hinblick auf die Altersdiagnose von Zähnen dar.

Können die chemisch-physikalischen Veränderungen des Dentins gar nicht und die Sekundärdentinbildung auf Grund der Altersatrophie der Pulpa nur bedingt zur Altersschätzung verwendet werden, gibt es dennoch einige Strukturen des Dentins, die es wert sind in diesem Zusammenhang einer Prüfung unterzogen zu werden.

Das Dentin wird auch modifizierter Knochen genannt, da es dem Knochengewebe entwicklungsgeschichtlich sehr nahe steht. Die chemische Zusammensetzung des Dentins wird angegeben mit etwa 70 - 80 % anorganischen Anteilen und 20 - 30 % organischen Anteilen.

Die anorganische Komponente bildet das Hydroxylapatit mit Spurenelementen.

Der organische Teil setzt sich zusammen aus Mukopolysacchariden, Lipiden und unlöslichen Proteinen.

Die Primärdentinbildung ist nach dem Durchbruch des Zahnes beendet.

Eine Sekundärdentinbildung erfolgt während der gesamten Gebrauchsperiode eines Zahnes als Reaktion gegenüber einwirkenden Funktionsreizen.

In der Zahnmedizin spricht man zusätzlich noch von einer Tertiärdentinbildung nach direkten zahnärztlich-therapeutischen Maßnahmen am Pulpengewebe.

Die Dentinstruktur bekommt ihr charakteristisches Aussehen durch ein System von feinen Kanälen, die die mineralisierte Grundsubstanz durchziehen, den Dentinkanälen.

Sie werden ausgefüllt von:

- a) den Tomes'schen Fasern (Odontoblastenfortsätze)
- b) interstitieller Gewebsflüssigkeit, dem sogenannten Dentinliquor
- c) nervalen Elementen

Die Anzahl der Dentinkanälchen beträgt in der Nähe der Kronenpulpa 5 Mill./cm², im mittleren Dentin 3 Mill./cm² (39). Der Durchmesser der Kanälchen variiert ebenfalls (Tab.2).

Alter in Jahren	16 - 30	30 - 50	50 - 70
<u>Pulpanahes Dentin</u>			
Durchmesser in μm	3,98	3,12	2,91
Fläche in %	79	49	42
<u>mittleres Dentin</u>			
Durchmesser in μm	3,09	2,56	2,36
Fläche in %	27	19	16
<u>peripheres Dentin</u>			
Durchmesser in μm	1,73	1,71	1,75
Fläche in %	4	4	4

Tabelle 2:

Der Durchmesser von Dentinkanälen bezogen auf das Alter

OSCHINSKY (32) war der erste, der sich mit den strukturellen Veränderungen des Dentins im Laufe des Lebens befaßte. Er kam zu dem Ergebnis, daß die Weite der Dentinkanälchen sowohl an der Schmelz- als auch an der Pulpagrenze mit zunehmendem Alter abnimmt.

Die Schwierigkeit bei dieser Methode liegt darin, daß die Dentinkanäle von der Pulpa nach außen hin konisch zulaufen (siehe oben).

Dadurch besteht die Möglichkeit, daß nicht korrespondierende Stellen miteinander verglichen werden, was zu einer Verfälschung des Ergebnisses der Altersuntersuchung führte.

Eine weitere gerontologische Veränderung des Dentins ist die Transparenz des Wurzeldentins.

Zähne von jungen Menschen zeigen von der Wurzelspitze bis zur Krone eine gleichmäßige Opazität. Zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr sieht man an der Wurzelspitze des Zahnes eine durchscheinende Zone, falls man den Zahn gegen eine Lichtquelle hält. Das gesamte Restdentin bleibt opak.

Bei zunehmendem Lebensalter wächst die Zone des transparenten Dentins, bis im hohen Alter, d.h. mit 70 oder 80 Jahren, das gesamte Wurzeldentin, also die ganze Zahnwurzel durchscheinend wird.

Als Ursache der Transparenz gibt PILZ (34) eine Homogenisierung des Dentins an.

Jugendliches Dentin ist normalerweise undurchsichtig, bedingt durch den unterschiedlichen Brechungsindex der Dentin-Grundsubstanz und des Kanälchensystems. Durch Einlagerung von Mineralsalzen in die Dentinkanälchen gleicht sich der

Lichtbrechungsindex zwischen extra- und intratubulären Substanzen an und führt dadurch zur Zunahme der Lichtdurchlässigkeit.

In der forensisch-odontologischen Literatur konnte keine Antwort auf die Frage gefunden werden, warum sich die Zone des transparenten Dentins an der Wurzelspitze beginnend in koronaler Richtung ausbreitet.

Es wäre möglicherweise denkbar, daß als erstes jene Dentintubuli verschlacken, die das größte Substratangebot haben. Das größte Angebot ist ohne Zweifel am Foramen physiologicum am Eingang zur Zahnwurzel vorhanden.

Nach vollständiger Anreicherung der untersten Dentinkanälen mit Mineralsalzen kommen dann die nächsthöheren an die Reihe usw.

Damit wird auch die Ernährungsfunktion der Pulpa unterstrichen und bestätigt, daß die Transparenzerscheinungen das Stoffwechsel- und Altersgeschehen widerspiegeln.

Angeregt durch die Arbeit von GUSTAFSON (18) befaßte sich JOHNSON (23) als erster mit der Dentintransparenz in der Altersschätzung als isoliertes Merkmal.

Der Korrelationskoeffizient seiner Arbeit bewegte sich zwischen 0,36 und 0,71; er ergibt damit keinen brauchbaren Wert für eine Altersdiagnose anhand der Transparenz.

Seine Methode hatte den Nachteil, daß er die Indices, die er aus dem transparenten Wurzeldentin und 6 anderen Zahnflächen bestimmte, nicht im Bereich der Wurzel abstufte, sondern zu sehr im koronalen Bereich.

Außerdem hatte er nur 27 Zähne zur Auswertung zur Verfügung.

IM Gegensatz dazu nennt SCHRÖDER (zit. in 14) den Grad der Transparenz des Wurzelkaries als beste und genaueste Kriterium für die Altersbestimmung.

Zu einer ähnlich guten Einschätzung kam MILES (30) 1963, der eine sichere Beziehung zwischen dem Alter und der Ausdehnung der Wurzelkariestransparenz fand.

BANG und RAMM (3) starteten 1970 eine umfangreiche Arbeit und untersuchten 1132 Wurzeln, deren Transparenzzone nicht in verschiedene Stadien eingeteilt wurde wie bei anderen Untersuchungen, sondern in mm ausgemessen wurde. Dadurch waren exakte statistische Berechnungen möglich. Sie untersuchten dabei nicht nur Zahnschliffe, sondern auch intakte Zähne, und konnten beweisen, daß in beiden Fällen eine gute Korrelation zum Alter besteht. Transparenzunterschiede zwischen den Geschlechtern sowie Lebenden und Toten wurden nicht gefunden. Pulpentote Zähne mit langjähriger Wurzelfüllung zeigten keine Transparenz des Wurzelkaries. Ferner ist bemerkenswert, daß bei den 14 total retinierten Zähnen ebenfalls eine Transparenz anzutreffen war, die mit dem Alter korrelierte.

KRAUSE und REIMANN (26) vom Institut für gerichtliche Medizin in Dresden untersuchten die Wurzeltransparenz an über 2000 intakten Zähnen mit verschiedenen optischen Geräten. Als bestes Gerät für die Durchleuchtung des Zahnes erwies sich dabei ein handelsüblicher Diabetrakter mit einer Halogenglühlampe mit stufenlos regelbarer Helligkeit.

Beim Vergleich der einzelnen Zahntypen sowie zwischen pathologisch veränderten und gesunden Zähnen konnten nur geringe Abweichungen gefunden werden, so daß eine gemeinsame Regressionsgleichung für alle Zähne berechnet wurde.

Sie wies zwar eine größere Streuung auf, wurde aber wegen der besseren praktischen Handhabung der Kurve in Kauf genommen. Der so ermittelte Korrelationskoeffizient betrug 0,77 mit einem Streubereich von ± 12 Jahren bei 2/3 aller möglichen Einzelwerte.

2.7. Altersveränderungen am Zahnsystem

In diesem Abschnitt sollen Untersuchungen angeführt werden, bei denen nicht ein einzelner Parameter für die Altersdiagnose verwendet wurde, sondern eine Kombination von verschiedenen Veränderungen, die auf den vorangegangenen Seiten bereits auf ihre Tauglichkeit zur Altersbestimmung geprüft wurden.

Bahnbrechendes hat in diesem Zusammenhang GUSTAFSON (18) geleistet.

Er entwickelte eine Methode, bei der sechs altersbedingte Veränderungen des Zahnes in einem Schema zusammengefaßt werden:

1. Abrasion
2. Ablagerung von sekundärem Dentin
3. Parodontale Veränderungen
4. Zementablagerungen
5. Wurzelresorption
6. Wurzeltransparenz

Er bewertete jede der Veränderungen mit einer Punktzahl zwischen 0 und 3 (Abb. 1) und addierte die für jedes Merkmal erhaltene Punktzahl (maximal 18 Punkte).

Aus der erhaltenen Gesamtpunktzahl und einer von GUSTAFSON erstellten Standardgeraden läßt sich dann das gesuchte Alter ablesen (Abb. 2).

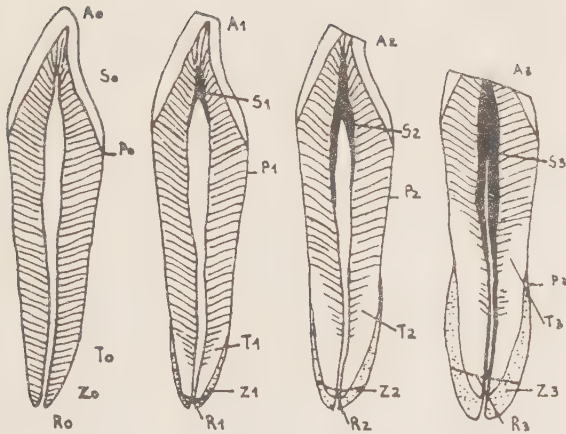


Abb. 1: Die altersbedingten Veränderungen werden in vier Grade eingeteilt (18).

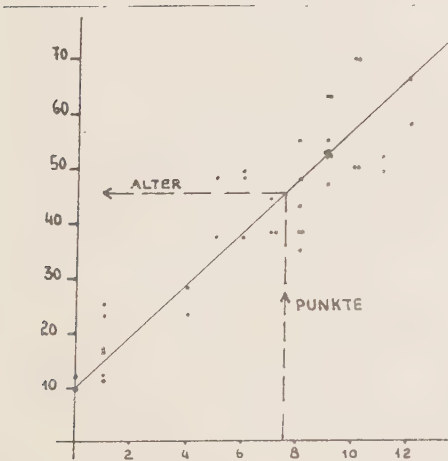


Abb.2: Regressionslinie
(GUSTAFSON)

GUSTAFSON erzielte mit dieser Methode eine Sicherheit von:

+ 3,6 Jahren in 66,6 % der Fälle
+ 7,3 Jahren in 95,5 % der Fälle
+ 9,1 Jahren in 99 % der Fälle

GUSTAFSON führt die guten Werte seiner Methode darauf zurück, daß sich verschiedene Parameter ergänzen:
Eine starke Veränderung, die nicht gut mit dem Alter korreliert, wird durch die Gesamtheit der anderen Veränderungen aufgehoben.

Die Kritik an der Methode GUSTAFSON richtet sich hauptsächlich auf das sehr zeitraubende Untersuchungsverfahren, nämlich die Herstellung der Zahnschliffe und die Beurteilung der sechs Kriterien.
Außerdem stellt es ein höchst subjektives Verfahren dar, das auf Schätzungen verschiedener Parameter beruht und nicht auf eindeutig meßbaren Größen.

DALITZ (10) vereinfachte die Methode nach GUSTAFSON.
Aus seinen Untersuchungen geht hervor, daß Merkmale wie Zementablagerung und Wurzelresorption keinen nennenswerten Einfluß auf das Ergebnis haben.
Zur Erhöhung der Aussagegenauigkeit hat DALITZ die restlichen vier Alterskriterien in fünf Schweregrade eingeteilt.
Er konnte die guten Ergebnisse von GUSTAFSON jedoch nicht bestätigen.

Seine Werte lagen bei:

+ 6 Jahren in 65 % der Fälle
+ 12 Jahren in 96 % der Fälle

Auch MATSIKIDIS (28) baute auf die Arbeit von GUSTAFSON auf. Er wendete dessen Methode bei Zahnfilmen an, wobei er auf die Bewertung der Transparenz verzichten muß, da sie im Röntgenbild nicht zu sehen ist.

Außerdem schließt er eine Bewertung der Wurzelresorption aus, da sie in Voruntersuchungen keine deutliche Relation zum Alter zeigte.

Ebenso wie GUSTAFSON addiert er die gefundenen Punktwerte und trägt sie in ein Diagramm ein, das die Regressionslinie von 100 Personen enthält.

Seine Abweichungen liegen bei:

+ 3,5 Jahren in 60 % der Fälle
+ 5,0 Jahren in 75 % der Fälle
+ 7,5 Jahren in 90 % der Fälle
+ 9,0 Jahren in 100 % der Fälle

Gegenüber der Methode von GUSTAFSON hat das Verfahren von MATSIKIDIS den Vorteil, daß man den Parameter "parodontale Veränderungen" besser auf dem Röntgenbild als auf dem Zahnschliff beurteilen kann.

Außerdem ist diese Methode weit weniger zeitaufwendig und etwa so genau wie die von GUSTAFSON.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Methoden

3.1.1. Beschränkung auf Wurzeltransparenz und Sekundär- dentinbildung:

Diese Untersuchung stützt sich auf das von SCHWARZ, BLICK und LIEBHARDT (42) vom Institut für Rechtsmedizin der Universität München angegebene Verfahren, das auf Arbeiten von HIEMER (21), FALTER (14), POHL (35) basiert.

All diesen Arbeiten ist gemeinsam, daß sie nur zwei der GUSTAFSON'schen Parameter für die Altersdiagnose verwenden, nämlich die Transparenz des Dentins und die Sekundärdentinbildung.

Auch in dieser Untersuchung sollen nur diese beiden Veränderungen zur Altersschätzung herangezogen werden.

Wie oben angemerkt, negiert DALITZ die Korrelation zwischen Wurzelresorption und Zementablagerung an der Zahnwurzel, findet aber seinerseits außer den GUSTAFSON'schen keine neuen Kriterien für die Altersschätzung.

Absolut ungeeignet zur Alterdiagnose sind auch die parodontalen Veränderungen eines Zahnes.

Erstens sind die parodontalen Verhältnisse zu sehr von hochgradigen Entzündungen des Zahnfleisches abhängig, die

durch schlechtes Zähneputzen, systemische Erkrankungen oder schlecht konstruiertem Zahnersatz hervorgerufen werden. Zweitens sind diese Veränderungen bei stark verwesten oder verbrannten Leichen oder beim Vorliegen nur einzelner Zähne überhaupt nicht zu beurteilen.

Auch auf die Zahnabrasion als Kriterium für die Altersbestimmung kann verzichtet werden.

Falls nämlich eine verstärkte Abrasion vorhandensein sollte, zeigt sich dies auch in einer verstärkten Sekundärdentinbildung als Antwort der Pulpa auf den äußeren, mechanischen Reiz (13). So sieht man bei stark abradierten Zähnen eine fast gänzliche Obliteration des Pulpencavums und des Wurzelkanals.

Für die verbleibenden Parameter, nämlich Sekundärdentinbildung und Transparenz, die sie mit Hilfe eines Auflichtmikroskops an Zahnschliffen bestimmte, konnte FALTER (14) zeigen, daß beide als isolierte Altersveränderung betrachtet nicht sehr gut mit dem Alter korrelieren.

Deshalb brachte sie beide in Beziehung zueinander, indem sie den Quotienten aus der Länge des Pulpacavums und der Länge der Zone des transparenten Wurzeldentins bildete.

Dieser Quotient steht in logarithmischer Beziehung zum Alter. Der Korrelationskoeffizient betrug 0,91 und die durchschnittliche Abweichung ± 5 Jahre.

3.1.2. Eigene Methode zur Messung der Sekundärdentinbildung

Auf Grund der Struktur des Dentins ist es nicht möglich die Sekundärdentinbildung direkt zu messen.

Ein Anwachsen der Sekundärdentinbildung entspricht jedoch einer Verkürzung des Pulpencavums. Deshalb soll zur Bestimmung der Dentinablagerungen die Länge des Pulpencavums verwendet werden.

FALTER (14) benutzte zur Messung der Pulpalänge Zahnschliffe. Die Herstellung der Zahnschliffe ist ein sehr aufwendiges und zeitraubendes Verfahren.

Außerdem weiß man nie genau, ob man das Dach der Pulpenkammer genau an der höchsten Stelle getroffen hat, da es nicht waagerecht, sondern giebelförmig oder schräg verläuft.

Um diese Ungenauigkeiten auszuschließen, werden in dieser Untersuchung Röntgenbilder zur Festlegung der Pulpalänge benutzt. In Zahnfilmen von extrahierten Zähnen kann die Höhe des Pulpencavums eindeutig festgelegt werden, da das Dach der Pulpahöhle im Röntgenbild als exakte Trennlinie zu sehen ist.

Zudem bilden die zahlreichen Dentikel, die in der Pulpahöhle zu finden sind, keine Störfaktoren bei der Längenmessung, wenn zur Auswertung Röntgenbilder benutzt werden.

Zur Herstellung der Röntgenbilder wurden jeweils 5 extrahierte und gereinigte Zähne auf einen Röntgenfilm (Fa. Kodak) gelegt und aus einem Abstand von 50 cm mit einer Röntgenkugel der Fa. Siemens (65 kV) 0,2 sec. lang belichtet.

Durch die Tatsache, daß der Zahn direkt auf dem Film lag und nicht, wie bei intraoralen Zahnrontgenaufnahmen, etwa 1 - 2 cm vom Röntgenfilm entfernt ist, erhielt man absolut scharfe und verzerrungsfreie Röntgenbilder mit einem Abbildungsmaßstab von 1 : 1.

Zur Bestimmung der Länge des Pulpencavums wurden die Zahnfilme auf einem Röntgenfilmbetrachter mit Tesastreifen fixiert und mit Hilfe einer Lupenbrille (Vergrößerungsfaktor 3) und einer auf einem Gestell befestigten Schubleere auf 0,05 mm genau vermessen.

Eine stärkere Vergrößerung etwa durch ein Mikroskop führt zu keiner größeren Genauigkeit, da die Grenze zwischen Pulpa und Dentin bei dieser Methode verschwimmen würde. Ebenso sinnlos ist es, eine größere Meßgenauigkeit anzugeben, da sich die Schubleere, höchstens auf 0,05 mm genau ablesen läßt.

Gemessen wurde immer von der Wurzelspitze des Zahnes bis zum Ende des Pulpahorns. Dies ist wichtig, da bei vielen Zähnen das Foramen apicale nicht an der Wurzelspitze, sondern etwas seitlich nach oben versetzt liegt. (Abb. 3)

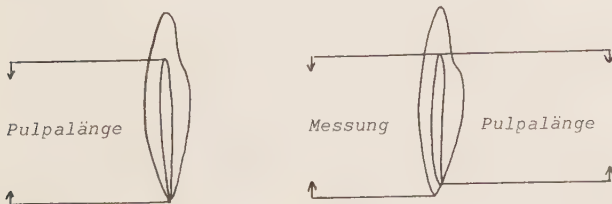


Abb. 3: Vermessung der Pulpalänge bei apikaler und seitlicher Lage des Foramen apicale.

3.1.3. Eigene Methode zur Messung der Wurzeltransparenz

Die Wurzelentintransparenz läßt sich sehr gut mit Zahnschliffen im polarisierten Durchlicht messen (Abb. 4). Diese sehr spezielle Methode, verbunden mit großem instrumentellen und zeitlichen Aufwand, ist jedoch mit dem Ziel dieser Untersuchung nach schneller und einfacher Altersdiagnose nicht vereinbar.



Abb. 4 (aus 5) : Zahnschliff im polarisierten Durchlicht

Gestützt auf die Arbeiten von SCHWARZ, BLICK und LIEBHARDT (42) wurde versucht, die Wurzeltransparenz mit Hilfe einer Lichtquelle zu bestimmen, ohne den Zahn zu zerstören.

Es wurden jeweils 5 Zähne in der Dunkelkammer auf ein Fotopapier (Ilfospeed 5,1 Medium 180) gelegt und aus ei-

nem konstanten Abstand von 50 cm mit einem Blitzlichtgerät mit Belichtungsautomatik (Bauer E 228 AB) belichtet. Das Fotopapier wurde danach mit Tetenal-Eukobrom liquid-Entwickler (Verdünnung 1 : 10) wie eine Schwarz-Weiß-Vergrößerung entwickelt.

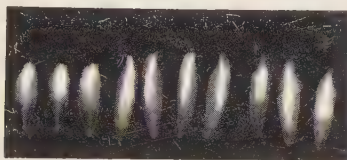


Abb. 5a: Bestimmung der Wurzeltransparenz mittels Blitzlichtbelichtung

Wie aus Abb.5a zu ersehen ist, zeigt sich aber bei dieser Methode meistens keine exakte Grenze zwischen der Zone des transparenten Dentins und der Zone des opaken Dentins. Deshalb wurde auf die Arbeit von KRAUSE und REIMANN (26) zurückgegriffen, die verschiedene optische Verfahren zur Festlegung der Wurzeltransparenzzone testeten.

Die gereinigten Zähne wurden jeweils auf einem handelsüblichen Diabetrachter (Cenei Negativ-Leuchtpult Scoper 620) mit einem Tesastreifen befestigt und wie bei der Auswertung der Pulpalänge mit einer auf einer Schiene beweglichen Lupe und einer fixierten Schubleere auf 0,05 mm genau vermessen.

Bei dieser Methode zeigte sich eine viel exaktere Abgrenzung der Zone zwischen opakem und transparentem Dentin (Abb.5b).



Abb. 5b: Bestimmung der Wurzeltransparenz mittels einer Durchlichtquelle

Da die Transparenzgrenze sehr unterschiedlich verlaufen kann, werden die Meßstrecken anhand des Dresdner Schemas festgelegt (Abb.6).

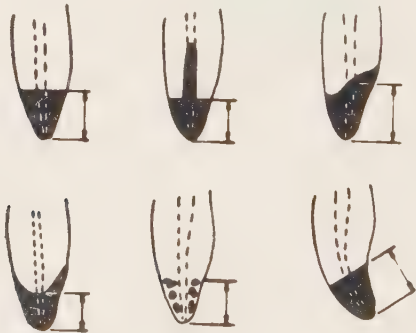


Abb.6 (nach 26): Festlegung der Meßstrecken bei ungleichmäßiger Grenze der Transparenzzone

3.2. Material für die Untersuchung

Die Zähne für diese Untersuchung wurden von 155 Leichen im Alter von 17 bis 85 Jahren gewonnen, die zur Autopsie in das Gerichtsmedizinische Institut der Universität München gebracht worden waren.

Es waren 115 Männer (74 %) und 40 Frauen (26 %).

Die Sammlung des Materials zog sich über mehrere Monate hin, da für die Gewinnung der Zähne wegen der zurückbleibenden kosmetischen Einbußen nur Leichen in Frage kamen, die durch Unfälle Schnitt- oder Rißwunden im Gesicht davongetragen hatten, oder die durch bereits eintretende Verwesung stark entstellt waren.

Außerdem wurden für die Untersuchung nur kariesfreie Frontzähne des Unterkiefers verwendet.

Es hatte sich nämlich in früheren Studien gezeigt, daß v.a. durch Karies, aber auch durch starke Abrasion und Schliff-facetten eine weit stärkere Sekundärdeninbildung eintritt als bei unversehrten Zähnen (11). Dies würde zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen.

Unterkieferfrontzähne wurden deshalb benutzt, da bei sehr alten Menschen hauptsächlich noch diese Zahnkategorie gefunden werden kann, falls überhaupt noch eigene Zähne im Mund vorhanden sind.

Zudem werden die vorderen Zähne des Unterkiefers ständig von einem Speichelsee umspült. Sie erkranken deshalb wegen dieser ausgezeichneten Selbstreinigung auch bei schlechter Mundpflege viel seltener an Karies als die

übrigen Zähne des menschlichen Gebisses. Um eine Vergleichsmöglichkeit zu erhalten, wurden bei jungen Menschen auch nur die Frontzähne des Unterkiefers in die Meßreihen mitbezogen.

Die für die Untersuchung verwendeten Zähne wurden mit einer kleinen Frontzahnzange oder mit einem zahnärztlichen Hebel vorsichtig aus der Alveole luxiert. Nach der Extraktion wurde der Zahn mit Skalpell, Leitungswasser und Bürste gereinigt, und mit einem Skaler der Zahnstein entfernt. Jeder Zahn wurde mit einer Nummer versehen und nach der oben beschriebenen Methode vermessen.

Von zunächst 370 extrahierten Zähnen von 155 Verstorbenen konnten 300 Zähne von 120 Leichen untersucht werden.

70 defekte Zähne wurden wegen nachträglich gefundener Kunststofffüllungen, Karies, zu starker Abrasion oder frakturierten Wurzeln ausgesondert.

Im Schnitt wurden 2,5 Zähne pro Leiche gezogen.

Bei der Auflistung der Altersverteilung wird ersichtlich, daß die 120 Verstorbenen bzw. 300 Zähne recht gleichmäßig zwischen 15 und 80 Jahren verteilt sind (Tab. 3, Abb. 7).

Alter	Zähne	Leichen
10 - 19	25	9
20 - 29	51	20
30 - 39	52	19
40 - 49	50	20
50 - 59	50	19
60 - 69	29	12
70 - 79	36	17
80 - 89	7	4

Gesamt 300 120

→ 2,5 Zähne pro Leiche im Schnitt

Tab. 3: Altersverteilung der Zähne und der Leichen

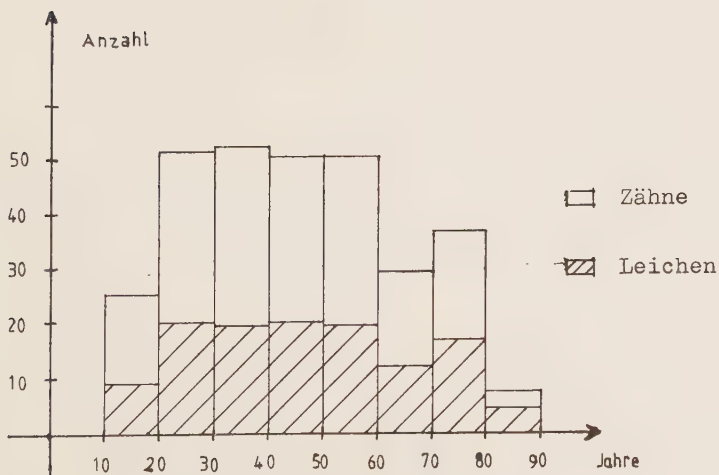


Abb. 7: Altersverteilung der Zähne und der Leichen

4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Nachdem die 300 extrahierten Zähne nach der oben beschriebenen Methode vermessen worden waren, wurden der Wert für die Pulpalänge durch den Wert für die Länge der Wurzeltransparenzzone dividiert (Quotient Q).

Tabelle 4 zeigt die Meßergebnisse und den errechneten Quotienten Q entsprechend dem Alter der Probanden aufgelistet.

Um testen zu können, ob Q vom Alter abhängt, wurde ein Diagramm erstellt, auf dessen Abszisse Q und auf dessen Ordinate das Alter aufgetragen wurde (Abb. 8).

Dabei zeigte sich, daß eine Korrelation zwischen Alter und Quotient besteht.

Mit steigendem Alter wird der Quotient Q immer kleiner, da bei höherem Alter die Pulpenlänge immer kleiner wird (Zähler des Quotienten) und die Transparenzzone immer größer (Nenner des Quotienten).

Es kann jedoch keine lineare Funktion abgeleitet werden, sondern die Kurve verläuft in einer Hyperbelform. Auf die Gründe für das asymptotische Annähern des Graphen an die Abszisse bzw. Ordinate wird in der Diskussion eingegangen.

Da Vorgänge in der Natur, wie der Alterungsprozess eines Zahnes, sehr oft nicht durch direkte mathematische Abhängigkeiten gekennzeichnet sind, sondern durch logarithmische oder exponentielle Funktionen, wurde der Versuch unternom-

men, den Logarithmus des Quotienten Q in Abhängigkeit zum Alter zu setzen (14).

Zu diesem Zweck wurde in einem weiteren Diagramm für die Abszisse (Quotient Q) eine logarithmische Skaleneinteilung verwendet und für die Ordinate (Alter) eine normale mm-Teilung (Abb. 9).

Es zeigt sich, daß eine lineare Korrelation zwischen dem Logarithmus des Quotienten aus Pulpalänge und Transparenz und dem Alter besteht.

Die aus den Meßwerten und Diagrammen abzulesende Abhängigkeit zwischen dem Quotienten Q und dem Alter soll im auf die Tabellen folgenden statistischen Teil dieser Arbeit auf Aussagewert und Exaktheit überprüft werden.

Tabelle 4 (S.46 - S.57): Liste der Untersuchungsergebnisse

1. Zahnnummer 1 - 300
2. Alter des Verstorbenen in Jahren
3. Gesamtlänge des Zahnes in mm
4. Pulpalänge in mm
5. Transparenz in mm
6. Quotient Q aus Pulpalänge und Transparenz

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Fulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
1	21	22,85	19,70	1,20	16,42
2	52	22,10	16,70	2,90	5,75
3	52	22,40	17,85	3,50	5,10
4	52	22,80	17,25	3,05	5,65
5	52	22,05	16,55	2,80	5,91
6	75	23,75	11,20	7,70	1,45
7	63	21,15	18,20	4,30	4,23
8	22	20,75	17,25	1,20	14,38
9	22	20,55	15,40	1,65	9,33
10	22	21,55	16,65	1,25	13,59
11	22	21,20	16,05	1,00	15,29
12	22	21,35	15,95	1,65	9,67
13	45	21,65	14,95	3,60	4,15
14	45	23,90	18,20	4,20	4,33
15	45	21,85	15,75	3,60	4,38
16	60	24,50	18,10	9,25	1,96
17	60	22,85	15,30	8,30	1,84
18	60	23,85	19,25	9,15	2,10
19	40	20,50	14,45	2,50	5,78
20	40	22,40	18,80	2,70	6,96
21	38	21,35	17,65	2,90	6,08
22	38	18,55	14,30	2,25	6,35
23	38	20,65	17,00	3,10	5,48
24	23	21,75	18,60	1,35	13,78
25	23	23,20	19,55	1,50	13,03

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
26	23	22,35	19,30	1,50	12,86
27	23	20,50	16,35	1,45	11,27
28	23	21,40	17,75	1,40	12,68
29	23	20,05	16,65	1,20	13,87
30	23	22,70	18,80	1,50	12,53
31	22	21,80	17,40	1,80	9,67
32	22	24,70	20,65	2,05	10,07
33	22	22,05	17,85	1,60	11,16
34	18	20,30	18,05	1,35	13,37
35	18	20,40	17,20	1,25	13,76
36	40	21,25	16,35	2,55	6,41
37	40	21,35	16,30	2,85	5,71
38	37	24,30	20,65	2,65	7,79
39	17	18,05	13,30	1,30	10,23
40	17	17,55	13,35	1,25	10,68
41	17	22,15	17,00	1,65	10,31
42	42	20,20	16,60	3,10	5,35
43	42	23,30	19,50	4,25	4,59
44	63	22,10	17,80	6,65	2,67
45	80	26,35	19,95	17,70	1,13
46	76	17,95	12,25	6,75	1,81
47	40	22,10	15,95	2,10	7,60
48	40	23,75	18,65	2,15	8,67
49	40	21,90	15,85	2,05	7,73
50	18	23,65	19,55	1,20	16,29

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Qotient
51	18	23,20	19,30	1,20	12,08
52	18	22,80	19,00	1,20	15,83
53	42	21,40	15,95	2,80	5,70
54	42	22,70	18,60	3,50	5,31
55	42	22,85	18,35	3,50	5,24
56	74	22,00	18,75	10,30	1,82
57	74	23,40	18,90	10,70	1,77
58	43	20,10	16,05	2,55	6,29
59	43	19,15	14,85	2,15	6,91
60	43	20,50	15,35	2,20	6,98
61	20	25,45	20,90	1,35	15,48
62	20	24,75	19,95	2,25	8,86
63	38	22,65	17,95	2,25	7,98
64	38	24,35	20,00	2,10	9,52
65	38	22,20	17,70	2,15	8,23
66	31	20,70	17,65	1,65	10,69
67	36	24,20	18,55	2,90	6,40
68	36	22,80	16,45	1,90	8,66
69	36	22,15	16,40	2,10	7,81
70	71	20,50	17,40	8,25	2,11
71	71	21,55	17,95	8,15	2,20
72	36	20,15	13,75	2,65	5,19
73	36	19,55	14,25	2,50	5,66
74	36	18,65	12,90	2,40	5,38
75	35	24,05	19,35	3,00	6,43

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
76	35	23,90	18,80	3,05	6,16
77	35	21,40	17,00	2,50	6,80
78	51	24,70	18,75	6,00	3,12
79	51	23,10	16,85	4,50	3,74
80	68	19,95	14,20	7,65	1,85
81	68	16,85	11,80	7,40	1,59
82	26	23,60	19,00	2,05	9,22
83	26	22,65	17,80	2,00	8,90
84	26	23,20	18,10	2,10	8,62
85	25	23,00	18,90	1,75	10,80
86	25	21,55	18,00	1,50	12,00
87	25	21,75	18,85	1,50	12,57
88	72	20,05	16,25	6,70	2,43
89	72	20,25	16,70	6,45	2,58
90	32	23,55	18,00	1,80	10,00
91	32	21,45	16,65	2,25	7,40
92	32	21,75	16,45	1,80	9,13
93	39	18,90	14,60	3,10	4,71
94	39	19,25	14,65	2,75	5,32
95	39	21,95	16,80	3,45	4,87
96	38	21,70	16,70	2,20	7,59
97	38	23,00	18,60	3,75	4,96
98	38	24,10	19,45	3,50	5,56
99	38	24,40	19,75	2,85	6,93
100	49	21,80	14,75	3,45	4,27

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
101	49	22,95	16,20	2,95	5,49
102	49	20,65	14,15	3,55	3,98
103	23	22,35	18,15	1,40	12,96
104	23	23,10	19,05	1,55	12,29
105	64	21,55	12,55	4,25	2,95
106	64	19,10	9,85	4,15	2,37
107	64	19,30	9,35	4,90	1,91
108	27	24,70	20,45	1,95	10,49
109	27	23,10	19,10	1,75	10,91
110	29	23,15	19,45	1,60	12,16
111	37	20,75	14,95	2,30	6,50
112	37	22,95	17,85	2,20	8,11
113	46	20,60	16,80	2,75	6,11
114	46	20,60	16,10	2,85	5,65
115	46	18,75	15,00	3,75	4,00
116	46	19,45	15,45	3,35	4,61
117	54	20,95	14,00	4,40	3,18
118	42	23,80	19,55	3,60	5,43
119	42	25,30	20,70	3,70	5,59
120	40	26,85	21,70	3,10	7,00
121	40	25,35	20,00	3,15	6,35
122	40	25,25	19,25	3,40	5,66
123	23	24,70	20,90	1,95	10,71
124	23	22,75	17,90	2,00	8,99
125	23	22,75	17,95	1,95	9,20

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
126	30	24,25	20,35	2,10	9,69
127	30	22,35	19,00	1,80	10,56
128	30	22,65	18,70	1,65	11,33
129	19	21,15	17,15	1,05	16,33
130	19	21,40	17,90	1,05	17,05
131	48	19,35	15,50	3,00	5,16
132	48	20,75	17,20	3,50	4,91
133	18	23,10	19,15	1,85	10,35
134	18	21,50	17,40	1,35	12,89
135	19	22,90	19,00	2,00	9,50
136	19	24,50	20,85	2,00	10,43
137	19	23,20	19,60	2,00	9,80
138	53	18,55	15,30	3,85	3,97
139	53	19,60	16,05	4,50	3,56
140	53	18,60	14,75	3,20	4,60
141	43	24,00	19,80	3,15	6,29
142	43	21,95	16,90	2,25	4,76
143	25	23,60	18,60	1,90	9,78
144	25	22,50	17,80	1,95	9,15
145	78	22,15	9,60	10,20	0,94
146	78	23,35	11,40	10,75	1,06
147	78	21,60	10,90	9,90	1,10
148	43	18,95	14,80	2,75	5,30
149	43	22,20	17,90	2,95	6,06
150	44	22,40	16,25	3,30	5,93

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
151	24	21,75	17,60	1,95	9,03
152	24	22,80	18,85	2,00	9,43
153	24	20,95	17,00	1,40	12,14
154	52	23,50	18,70	5,45	3,43
155	52	24,35	19,45	4,45	4,37
156	52	23,75	19,95	5,05	3,95
157	51	20,75	12,20	5,85	2,08
158	51	19,30	9,95	4,80	2,07
159	51	18,45	9,70	5,60	1,73
160	77	27,30	19,30	11,40	1,69
161	77	26,50	20,35	10,45	1,49
162	20	21,80	18,70	1,40	13,36
163	20	21,80	17,85	1,55	11,52
164	68	23,55	17,15	10,35	1,65
165	68	19,65	12,30	8,45	1,45
166	54	20,95	13,40	4,40	3,04
167	54	20,45	16,00	4,10	3,90
168	54	20,45	17,10	4,30	3,97
169	16	21,65	15,20	1,20	12,66
170	16	20,75	14,55	0,80	18,18
171	69	21,80	15,65	9,95	1,57
172	69	20,00	14,30	9,80	1,46
173	21	21,05	16,60	1,10	15,09
174	21	21,85	16,75	1,25	13,40
175	21	22,65	18,05	1,30	13,88

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
176	62	20,95	18,35	8,20	2,24
177	62	21,70	19,40	8,30	2,34
178	69	19,85	11,20	6,85	1,63
179	69	20,05	12,10	8,60	1,40
180	69	20,45	11,20	8,55	1,31
181	50	21,30	11,50	3,20	3,59
182	50	20,10	10,95	2,90	3,77
183	50	23,35	16,45	3,80	4,33
184	50	21,95	16,40	3,60	4,55
185	59	17,50	12,80	4,70	2,72
186	59	19,45	11,90	4,45	2,67
187	59	17,25	11,90	4,65	2,56
188	86	22,50	9,65	10,20	0,94
189	86	20,85	8,65	10,05	0,86
190	86	21,75	15,30	11,60	1,32
191	59	22,05	10,80	3,10	3,48
192	59	24,15	13,50	3,65	3,70
193	59	22,20	11,80	3,25	3,63
194	18	22,90	18,90	1,45	13,03
195	18	22,60	18,40	1,20	15,33
196	18	19,35	15,30	1,10	13,91
197	18	19,20	15,95	0,95	16,79
198	55	21,45	13,80	4,55	3,03
199	55	18,45	10,20	3,80	2,68
200	55	19,15	9,60	2,90	3,31

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
201	78	21,55	12,75	9,05	1,41
202	78	23,80	13,55	9,10	1,49
203	78	23,00	14,30	9,55	1,50
204	52	23,55	17,30	3,55	4,87
205	52	22,40	18,05	4,90	3,68
206	74	20,55	11,35	10,50	1,08
207	49	23,25	16,75	4,30	3,90
208	49	21,40	14,95	2,65	5,64
209	49	20,55	14,10	2,70	5,22
210	36	25,05	19,45	3,30	5,90
211	36	23,35	18,20	2,55	7,14
212	36	23,35	17,95	2,60	6,90
213	55	22,40	19,50	4,70	4,14
214	55	22,50	19,30	4,20	4,60
215	55	20,40	17,25	4,35	3,97
216	38	21,60	16,75	3,15	5,32
217	38	20,65	16,05	2,90	5,53
218	38	22,90	18,30	2,75	6,65
219	49	25,65	20,55	4,50	4,56
220	49	23,75	18,85	4,55	4,14
221	31	22,35	18,15	2,45	7,41
222	31	25,25	21,35	2,70	7,90
223	31	22,25	17,85	2,15	8,30
224	45	24,45	17,35	3,20	5,42
225	45	25,35	19,00	3,35	5,67

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Fulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
226	45	26,50	19,75	3,15	6,26
227	51	23,95	18,45	5,55	3,32
228	51	23,55	19,00	6,45	2,94
229	51	23,90	19,10	6,20	3,08
230	50	21,35	16,10	4,85	3,31
231	50	22,40	16,70	3,80	4,39
232	29	20,80	17,40	1,55	11,23
233	29	22,40	17,95	1,65	10,88
234	29	22,05	17,75	1,80	9,86
235	51	21,45	14,90	2,95	5,05
236	51	23,25	18,45	5,35	3,44
237	51	21,25	15,75	3,70	4,25
238	<u>85</u>	21,30	8,10	10,10	0,80
239	<u>64</u>	21,60	15,85	7,05	2,24
240	64	23,25	17,60	8,10	2,17
241	64	21,50	15,60	5,45	2,86
242	39	20,15	16,80	2,90	5,79
243	39	18,90	15,00	2,65	5,66
244	71	19,05	15,05	11,10	1,35
245	71	19,15	15,70	10,65	1,47
246	66	19,50	10,55	5,15	2,04
247	66	20,85	10,90	5,60	1,95
248	66	19,45	11,40	4,80	2,37
249	71	20,30	9,65	6,15	1,57
250	69	18,15	10,65	4,90	2,17

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
251	69	17,85	13,30	6,95	1,91
252	69	18,10	12,60	9,40	1,34
253	69	18,80	13,40	9,90	1,35
254	45	22,70	19,10	3,40	5,61
255	45	22,60	19,05	4,15	4,59
256	45	22,10	18,70	3,70	5,05
257	45	22,80	19,65	3,25	6,04
258	51	21,50	16,50	3,45	4,78
259	51	23,30	18,90	5,20	3,63
260	51	21,70	16,65	3,90	4,26
261	56	19,60	14,60	4,70	3,11
262	56	18,55	15,25	4,95	3,08
263	76	20,60	11,55	9,05	1,27
264	76	22,05	13,90	9,25	1,50
265	24	23,10	19,40	1,45	13,37
266	24	20,45	16,80	1,25	13,44
267	23	23,65	20,10	1,55	12,97
268	23	21,95	18,45	2,05	9,00
269	23	23,85	19,55	2,45	7,98
270	23	22,35	18,70	2,30	8,13
271	72	20,25	15,55	9,05	1,72
272	72	22,45	16,40	9,45	1,73
273	72	20,35	15,30	7,80	1,96
274	77	21,45	16,80	10,55	1,59
275	77	23,25	17,05	9,35	1,82

Nr.	Alter (Jahre)	Zahnlänge (mm)	Pulpalänge (mm)	Transparenz (mm)	Quotient
276	77	24,20	18,75	11,35	1,65
277	77	21,30	15,40	10,20	1,51
278	74	17,20	14,80	8,15	1,82
279	74	16,50	14,05	8,85	1,58
280	74	17,50	15,95	8,10	1,97
281	35	24,60	18,20	2,15	8,47
282	35	23,75	17,60	2,75	6,40
283	35	23,25	19,80	3,20	6,19
284	18	21,20	17,90	1,25	14,32
285	18	21,45	17,45	1,15	15,17
286	18	22,00	18,70	1,30	14,39
287	18	22,15	18,25	1,15	15,87
288	76	20,70	11,85	7,55	1,57
289	35	20,45	17,15	2,85	6,01
290	35	23,25	20,10	2,65	7,58
291	35	20,25	17,45	2,80	6,23
292	85	19,55	9,25	9,40	0,98
293	85	20,85	7,60	8,30	0,92
294	75	17,75	10,60	8,10	1,31
295	75	17,40	11,35	9,25	1,22
296	75	19,25	11,50	7,30	1,57
297	33	24,20	19,50	2,50	7,80
298	33	22,25	17,70	2,60	6,81
299	33	21,90	17,20	2,45	7,02
300	44	21,80	14,25	2,55	5,59

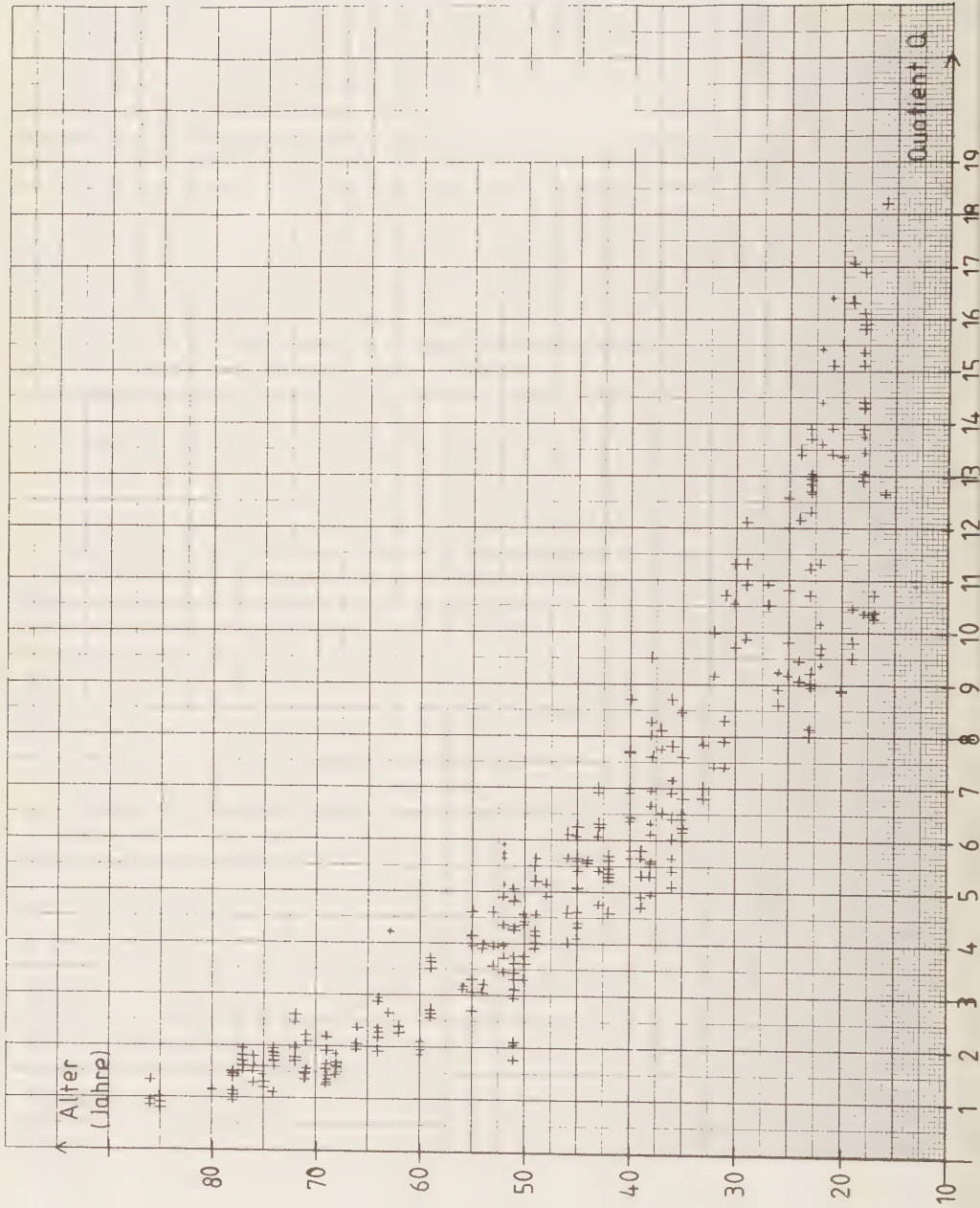


Abb. 8: Quotient aus Pulpalänge und Transparenz in
Abhängigkeit vom Alter

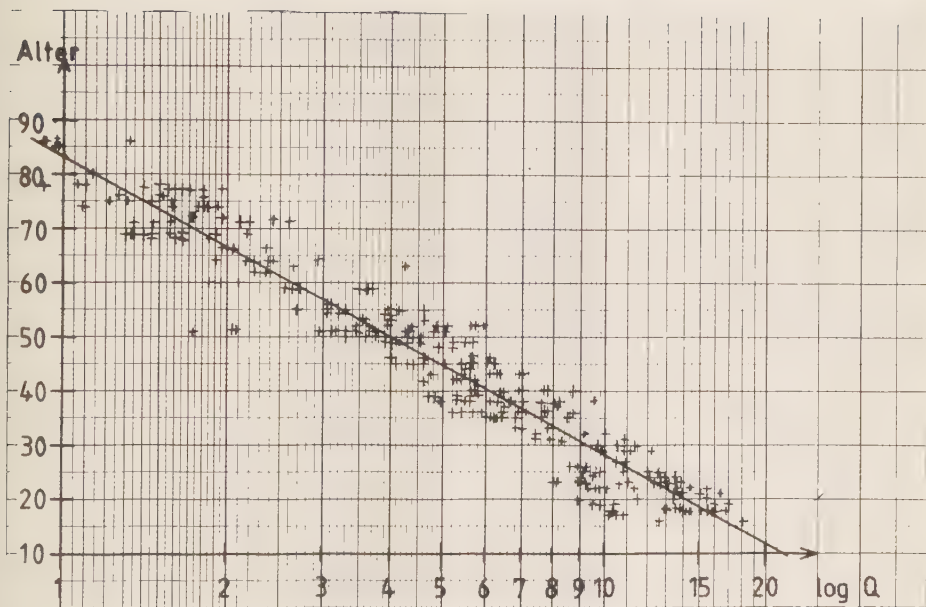


Abb. 9: Log Q in Abhängigkeit vom Alter mit Regressionsgerade

5. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die für die statistische Berechnung verwendeten Formeln wurden aus dem 1982 in Kiel erschienen Buch "Biomathematik, Statistik und Dokumentation" (20) entnommen.

Alle Berechnungen wurden mit dem "Casio fx - 3500 P Scientific Calculator" durchgeführt.

Für die Auswertung werden folgende Hilfsgrößen berechnet:

$$n = 300;$$

$$\bar{y} = 45,15;$$

$$\bar{x} = 0,687; \Rightarrow \bar{Q} = 4,86;$$

Standardabweichung:

$$\sigma_y = 18,9;$$

$$\sigma_x = 0,33; \Rightarrow \sigma_Q = 2,15;$$

Datensumme:

$$\sum y = 13\,546; \sum y^2 = 718\,838;$$

$$\sum x = 206,05; \sum x^2 = 174,5;$$

$$\sum xy = 7488,9;$$

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n};$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n};$$

$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n};$$

5.1. Bestimmung der Regressionsgeraden

Die Punktwolke von Abbildung 9 läßt vermuten, daß im Rahmen einer zufallsbedingten Streuung ein linearer Zusammenhang zwischen dem Logarithmus des Quotienten aus Pulpalänge und Transparenz (x -Wert) und dem Alter (y -Wert) besteht.

Dieser Zusammenhang kann zur Schätzung des y -Wertes aus dem x -Wert benutzt werden.

Die Regressionsgerade von y auf x dient der Schätzung der y -Werte aus den x -Werten, sie gibt das durchschnittliche Alter y für den gemessenen Quotienten Q an.

Die Regressionsgerade hat die Form

$$y = A + Bx$$

wobei der Verlauf der Geraden durch den Regressionskoeffizienten B , der die Steigung angibt, und den Achsenschnitt A bestimmt wird.

Die errechnete Regressionsgerade für unsere Untersuchung lautet:

$$y = 82,95 - 55,04 x$$

$$\text{d.h. Alter} = 82,95 - 55,04 (\log Q)$$

Die Regressionsgerade wurde in das Diagramm von Abb.9 eingetragen.

Der arithmetische Mittelwert für das Alter beträgt 45 Jahre, für den Quotienten Q 4,86. Den Schwerpunkt der Regressionsgeraden bilden daher die Koordinaten (4,86/45 Jahre).

Die Konstante A der Regressionsfunktion beträgt 82,95. Das heißt, die Regressionsgerade schneidet die y-Achse bei ca. 83 Jahren, falls $\log Q = 0$ ist. Dies entspricht einem Quotienten von $Q = 1$.

Der Regressionskoeffizient beträgt -55,04. Er gibt die Steigung der Geraden an. Da die Konstante in diesem Fall negativ ist, ist auch die Steigung der Geraden negativ. Das bedeutet, daß der Quotient Q mit steigendem Alter abnimmt.

Die gefundene Regressionsgerade von y auf x gilt zunächst nur für die untersuchte Stichprobe. Da in unserem Fall die Stichprobe repräsentativ aus einer Grundgesamtheit gezogen ist, gilt die Regressionsgerade im Rahmen der zufallsbedingten Ungenauigkeit auch für die Grundgesamtheit.

5.2. Bestimmung des Korrelationskoeffizienten

Der Korrelationskoeffizient gibt an, wie stark die Punktwolke um die Regressionsgerade streut. Er kann alle Werte zwischen +1 und -1 annehmen. Die Streuung ist umso größer, je geringer der Betrag des Korrelationskoeffizienten ist. Bei $r = +1$ oder $r = -1$ liegen alle Punkte auf einer Geraden.

Der Maßkorrelationskoeffizient errechnet sich:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}} = -0,96;$$

Ein negatives Vorzeichen bedeutet, daß mit einer Zunahme von x eine Abnahme von y verbunden ist (negative Korrelation). Regressionskoeffizient und Korrelationskoeffizient haben stets dasselbe Vorzeichen.

Der Wert von 0,96 zeigt eine ausgezeichnete Korrelation zwischen Q und Alter. Bei einem Stichprobenumfang von $n > 100$ ist mit großer Wahrscheinlichkeit zu vermuten, daß in der Grundgesamtheit tatsächlich eine Korrelation besteht (Abb. 10).

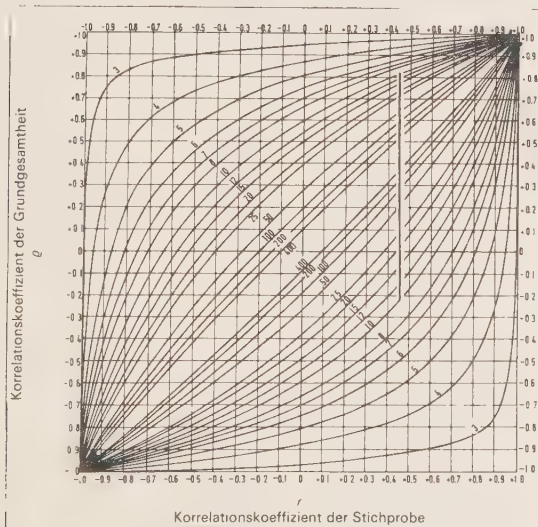


Abb. 10: Konfidenzintervall des Korrelationskoeffizienten aus (20).

Daraus ist ersichtlich, daß in einer Stichprobe mit $n = 300$ und einem r von $-0,96$ der Korrelationskoeffizient der Grundgesamtheit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % auch bei ca. $-0,95$ liegt.

5.3. Bestimmung der Abweichungswerte

Um eine Aussage über die Brauchbarkeit dieser Methode zur Altersbestimmung machen zu können, ist nicht nur der Korrelationskoeffizient interessant, sondern auch die Abweichungen der gemessenen Werte von der Regressionsgeraden bei verschieden großem Toleranzintervall.

Der Vertrauensbereich gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Erwartungswert für das Alter innerhalb bestimmter Abweichungsgrenzen verbleibt.

Die jeweiligen Abweichungen mit verschiedener Wahrscheinlichkeit werden aus Abbildung 9 bestimmt.

Die Abbildungen 11 - 13 zeigen die ermittelten Vertrauensbereiche um die Regressionsgerade.

Die ermittelten Abweichungen liegen:

in 75 % der Fälle unter $+5,5$ Jahren; Abb. 11

in 90 % der Fälle unter $+7,5$ -"- ; Abb. 12

in 99 % der Fälle unter $+11$ -"- ; Abb. 13

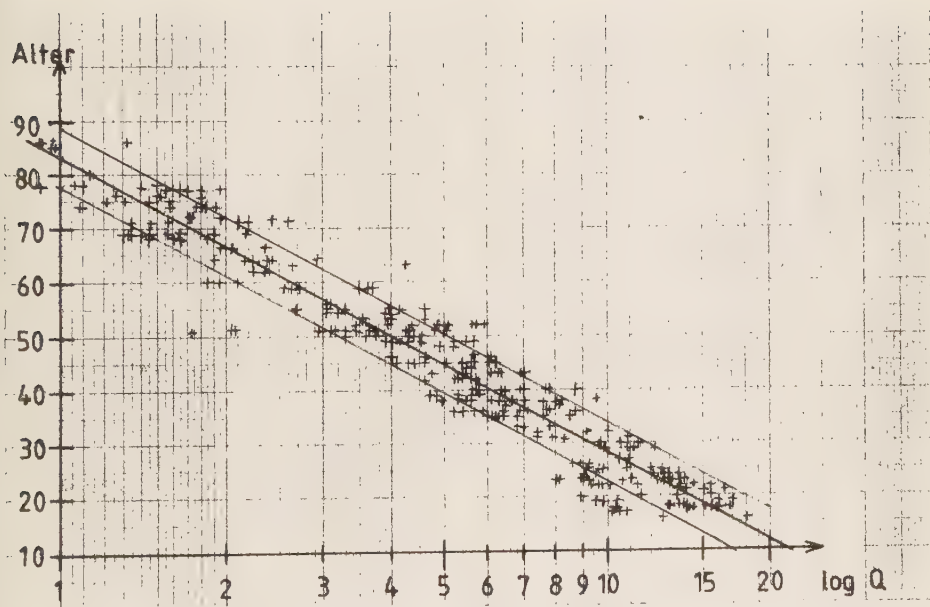


Abb.11: Toleranzintervall für das Alter in Abhängigkeit
von $\log Q$ bei 75 % der Fälle

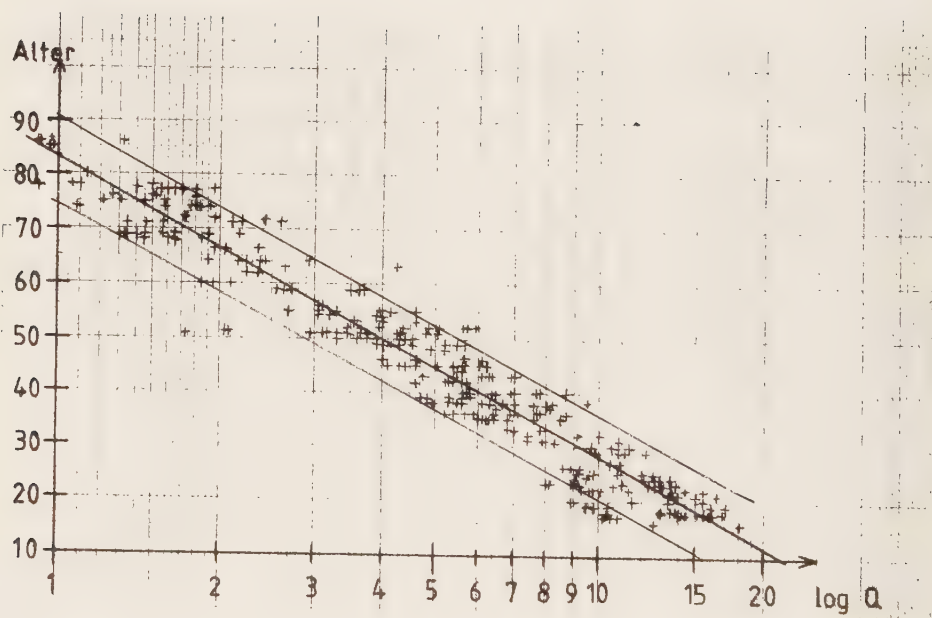


Abb.12: Toleranzintervall für das Alter in Abhängigkeit von $\log Q$ bei 90 % der Fälle

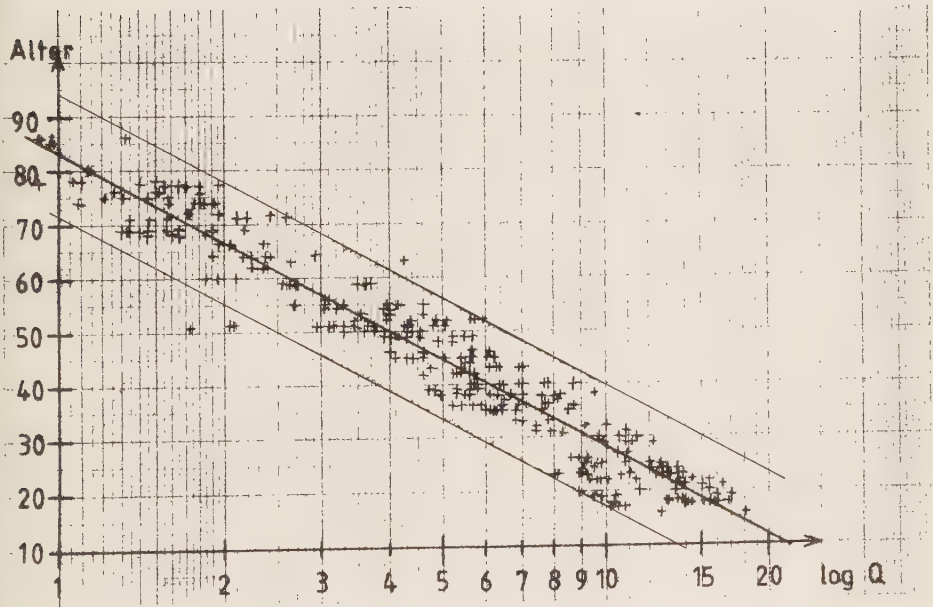


Abb.13: Toleranzintervall für das Alter in Abhängigkeit
von $\log Q$ bei 99 % der Fälle

6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Wie die ermittelten Abweichungswerte zeigen, läßt sich mit der in dieser Arbeit beschriebenen Methode mit sehr großer Sicherheit eine relativ genaue Altersschätzung vornehmen, die bei 75 % Sicherheit bei $\pm 5,5$ Jahren liegt, bei 90 % Sicherheit bei $\pm 7,5$ Jahren und bei 99 % Sicherheit bei ± 11 Jahren.

Dieser im Vergleich zu anderen Methoden zur Altersschätzung durchschnittlich gute Wert kommt hauptsächlich dadurch zustande, daß in dieser Untersuchung nur kariesfreie Unterkieferfrontzähne verwendet und daß sowohl die Retraktion der Pulpa als auch die Transparenz des Wurzelzementins untersucht wurden.

Durch die Tatsache, daß die Zähne kariesfrei sind, wird die Chance erhöht, daß die Sekundärdentinbildung das physiologische Alter widerspiegelt. Bei pathologisch veränderten Zähnen in Folge großer kariöser Läsionen ist die Sekundärdentinbildung weit erhöht, so daß sie nicht mehr das tatsächlich vorliegende Alter wiedergibt.

Beim Parameter Wurzeltransparenz ist zwar keine so gravierende Veränderung durch Karies feststellbar wie bei der Sekundärdentinbildung, trotzdem konnten KRAUSE und REIMANN Unterschiede feststellen, die sie jedoch aus "Gründen der praktischen Handhabung" (26) vernachlässigten

Die Tatsache, daß zur Erzielung dieser guten Altersschätzung die Zähne kariesfrei sein müssen schränkt diese Methode etwas ein, da bei älteren Individuen fast nur kariöse Zähne zu finden sind.

Eine Ausnahme von dieser Regel machen die Unterkieferfrontzähne. Sie werden generell sehr viel später kariös als alle anderen Zähne des menschlichen Gebisses. Deshalb werden die Frontzähne und Eckzähne des Unterkiefers auch sehr viel später gezogen als die übrigen Zähne. Es gibt sehr viele betagte Patienten, denen alle Zähne fehlen bis auf die 6 Unterkieferfrontzähne, die dann zudem meist auch noch kariesfrei sind.

Daraus ist ersichtlich, daß die Beschränkung auf die Schneide- und Eckzähne des Unterkiefers nicht nur eine systembedingte, sondern auch eine sehr praktische Forderung darstellt.

Wie den Untersuchungen von GUSTAFSON (18), KRAUSE und REIMANN (26), BANG und RAMM (2) sowie von MATSIKIDIS (28) liegen auch dieser keine objektiv meßbaren chemisch-physikalischen Parameter zugrunde, sondern wieder sehr subjektive Kriterien. Dabei macht die Festlegung der Grenzlinie der Sekundärdentinbildung mit Hilfe des Röntgenbildes keine großen Probleme.

Ein exaktes Bestimmen der Grenzlinie der Wurzelentintransparenz mit photographischen Methoden erwies sich jedoch als nicht durchführbar, da keine genaue Trennlinie, sondern nur ein verschwommener Übergangsbereich vermessbar werden konnte.

Die Bestimmung der Transparenz mit Hilfe einer Projektionslampe erleichtert zwar das Ablesen der Länge der Transparenzzone, aber der Untersucher muß trotzdem viel Übung und Erfahrung mitbringen, um bei allen Zähnen nach dem gleichen Schema verfahren zu können. Deshalb sollte jeder Untersucher durch eine große Zahl von Bestimmungen seine eigene Regressionsgerade festlegen, mit deren Hilfe dann unbekannte Tote identifiziert werden können.

Die Regressionsgerade weist in diesem Fall eine negative Steigung auf, da der Quotient Q aus Pulpalänge und Transparenzzone mit steigendem Alter immer kleiner wird. Eine lineare Abhängigkeit erhält man jedoch nur, falls der Quotient Q logarithmiert wird und das Alter auf einer normalen Dezimalskala aufgetragen wird (Abb. 9).

Bei der ursprünglichen Dezimalauftragung von Quotient Q und Alter in Abbildung 8 zeigte sich, daß die entstehende Punktwolke der 300 Wertepaare in einer Hyperbelform verläuft. Die asymptotische Annäherung des Graphen an die Ordinate, auf der das Alter aufgetragen wird, kann man durch zwei verschiedene Annahmen erklären: Entweder retardieren die Odontoblastenfortsätze in fortgeschrittenem Alter die Dentinbildung, was dazu führt, daß Q größer ist als er sein dürfte, oder die Verdichtung der Wurzelkanäle und damit die Transparenzzunahme des Wurzelzementins ab ca. 55 - 60 Jahren verlangsamt sich (14). Dies führt ebenfalls zu einer Steigerung des Quotienten Q aus Pulpalänge und Transparenzzone.

Die asymptotische Annäherung des Graphen an die Abszisse entsteht dagegen dadurch, daß im Alter zwischen 15 und 25 Jahren die Transparenzzone des Dentins teilweise unter 1 mm lang ist, was in diesem Bereich zu einer großen Streuung der Q-Werte führt.

Entscheidend für die Aussagekraft der gefundenen Abhängigkeit des Quotienten Q vom Alter ist die Tatsache, daß mit unserer Methode das physiologische und nicht das chronologische Alter bestimmt werden kann (6). Daß das biologische Alter nicht immer mit dem chronologischen übereinstimmen muß, zeigt sich nicht nur im stomatognathen Bereich, sondern auch im Körperwachstum, Skelettentwicklung, einsetzen der Pubertät oder Sichtbarwerden der sekundären Geschlechtsmerkmale.

Um einen möglichst exakten physiologischen Alterswert zu erhalten, mußten von den ursprünglich 370 Zähnen 70 mit Defekten, großer Karies, starker cervikaler Abrasion durch falsche Zahnputztechniken oder Zähne mit Füllungen ausgesondert werden. Da einige gemessene Q-Werte doch sehr stark von der errechneten Regressionsgeraden abweichen, ist zu vermuten, daß es sich bei diesen Probanden um Personen mit systemischen Erkrankungen handelt,, die sich auch auf das Zahnsystem auswirken oder um Personen mit reduziertem Allgemeinzustand wie etwa bei sogenannten Nichtseßhaften.

Insgesamt ist jedoch der Korrelationskoeffizient von 0,96 als sehr gut zu bezeichnen.

IM Vergleich zu früheren Arbeiten konnten nur wenige ähnlich gute Ergebnisse erreichen.

FALTER (14) liegt bei einer Sicherheit von 95 % bei ± 5 Jahren in 99 % der Fälle. Ähnlich gute Werte erhielt MATSIKIDIS (28). Beiden Verfahren ist jedoch gemeinsam, daß sie mehrere Parameter zur Altersbestimmung heranziehen und deshalb sehr zeitraubend sind.

Außerdem ist mit ihren Methoden keine Altersbestimmung von einzelnen, lose neben Toten liegenden Zähnen möglich, da für die Bewertung der von ihnen verwendeten Kriterien, v.a. der parodontalen Verhältnisse, der Zahn im Knochen situiert sein muß.

Die hier aufgezeigte Methode der Altersbestimmung von Toten an Hand von Zähnen erfüllt die in der Einleitung aufgestellte Forderung nach hinreichend genauer und möglichst schneller Festlegung des Alters.

Von der Extraktion des Zahnes, falls er noch im Kieferknochen verankert ist, bis zur Auswertung des Quotienten Q mit Hilfe der Regressionsgeraden vergehen etwa 10 bis 15 Minuten.

Eine wesentliche Vereinfachung der Vermessung der Transparenzzone wäre zu erreichen, wenn der Diabetrachter nicht mit einer fixierten Schubleère mit Lupe ausgestattet wäre, sondern mit einem Skalensichtschirm versehen wäre, auf dem die Wurzeldentintransparenz direkt mit einer integrierten Lupe mit etwa dreifacher Vergrößerung abgelesen werden könnte.

Ein entscheidender Vorteil der beschriebenen Methode, das Alter mit Hilfe der Pulpalänge und der Dentintransparenz festzulegen, ist die Tatsache, daß sich die Zahnhartsubstanzen nach dem Ableben des Menschen nicht mehr verändern.

Bei stark verwesenen Leichen, bei denen nach vielen Jahren der Liegezeit sogar schon das Pulpaweichgewebe durch Fäulnis zersetzt wurde, kann eine Messung der Länge der Pulpahöhle und der Länge der Transparenzzone genauso vorgenommen werden wie bei Toten, deren Ableben nur wenige Stunden zurückliegt.

Deshalb kann diese Methode nicht nur für Gerichtsmediziner, sondern auch für Historiker und Archäologen bedeutsam sein.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der forensischen Medizin ist bekannt, daß zur Altersbestimmung von Toten an Hand von Zähnen die Länge des Pulpencavums und der Transparenzzone des Wurzeldentins verwendet werden kann.

Wie bereits in früheren Veröffentlichungen gezeigt wurde, ergibt dabei der Quotient aus Pulpalänge und Transparenz eine bessere Korrelation zum Alter als die beiden Meßgrößen für sich alleine betrachtet.

Die Zähne für die Untersuchung wurden von 155 Leichen im Alter zwischen 17 und 85 Jahren gewonnen.

Von zunächst 370 extrahierten Zähnen konnten 300 Zähne von 120 Toten untersucht werden. Es wurden nur kariesfreie Unterkieferfrontzähne verwendet; 70 defekte Zähne wurden wegen Karies, Überkronung oder Frakturen ausgesondert.

Zur Messung der Länge des Pulpencavums wurden die extrahierten und gereinigten Zähne auf einen handelsüblichen Zahnfilm gelegt und aus einem konstanten Abstand von 50 cm geröntgt. Aus dem Röntgenbild wurde die Pulpalänge auf 0,05 mm genau vermessen. Um die Länge der Wurzeldentintransparenzzone zu bestimmen, wurden die Zähne auf einem Diabetrachter fixiert und ebenfalls auf 0,05 mm genau vermessen.

Anschließend wurde der Wert für die Pulpalänge durch den Wert für die Transparenz dividiert.

Der resultierende Quotient Q wurde in ein Diagramm eingetragen, in dem auf der Abszisse der Logarithmus von

Q und auf der Ordinate das Alter aufgetragen wurde.
Es zeigte sich, daß eine lineare Korrelation zwischen dem
Logarithmus des Quotienten aus Pulpalänge und Transparenz
und dem Alter besteht.

Der Korrelationskoeffizient liegt bei $-0,96$.

Um eine Aussage über die Brauchbarkeit der Methode zur
Altersbestimmung machen zu können, wurden die Toleranz-
intervalle um die Regressionsgerade bei verschiedener
Wahrscheinlichkeit ermittelt.

Die ermittelten Abweichungen liegen:

in 75 % der Fälle unter $+5,5$ Jahren,
in 90 % der Fälle unter $+7,5$ Jahren,
in 99 % der Fälle unter $+11$ Jahren.

Damit hat der Gerichtsmediziner eine Methode zur Hand,
mit der das Alter unbekannter Toter hinreichend genau,
möglichst schnell und sehr einfach bestimmt werden kann.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BALOGH, K.:
Gerostomatologie;
Joh. Ambros. Barth-Verlag, Leipzig 1962.
- 2 BANG, G., MONSON, R.:
Möglichkeiten der Altersbestimmung durch Untersuchung
der Zähne;
Dtsch. Zahnärztl. Z. 23, S.934 - 936, 1968.
- 3 BANG, G., RAMM, E.:
Determination of Age in Humans from Root Dentin
Transparency;
Acta odont. scand. 28, 3 (1970).
- 4 BAUME, R.:
Die Defekte der harten Zahnschubstanzen;
Felix-Verlag, Leipzig 1882.
- 5 BENGEL, W.:
Die Photographie in Zahnmedizin und Zahntechnik;
Quintessenz-Verlag, Berlin 1984.
- 6 BRANIK, E.:
Untersuchungen über die Beziehungen zw. Dichte der
Zähne und Lebensalter;
(Beitrag zu forensischen Methoden der Alterbestimmung)
Med. Diss., Frankfurt 1982.
- 7 BROCA, P.:
Sur l'usure dentaire;
Bull. Soc. Anthropol., 1879.

- 8 BRUCKNER, S.:
Experimentelle Untersuchungen über die Härte der Wurzelkanalwand und der Dentinmantelzone;
Med. Diss., Mainz 1959.
- 9 DALITZ, G.D.:
The hardness of dentine related to age;
Austr. Dent. J. 7, p. 463 - 464, 1962.
- 10 DALITZ G.D.:
Age Determination of Adult Human Remains by Teeth Examination;
Journal o.t. forensic Science Society, Vol. 3, p. 11, 1962.
- 11 EIFINGER, F.:
Die Mikromorphologie der menschlichen Zahnpulpa;
Hauser-Verlag, München 1970.
- 12 EULER, H.:
Die Mitarbeit des Zahnarztes im Erkennungsdienst;
Dtsch. Zahnärztl. Ztg. 10, S. 1760 - 1762, 1955.
- 13 EULER, H.:
Über das Altern des menschlichen Zahnsystems;
Dtsch. Zahnärztl. Rundachr. 25, S. 393 403, 1940.
- 14 FALTER, G.:
Altersbestimmung an Zähnen zur Identifizierung unbekannter Toter;
Med.Diss., München 1975.

- 15 FREIHOFER, H.:
Alterbestimmung bei Leichen auf Grund von Zahnbefunden;
Schweiz. Monatsschr. f. Zahnheilkunde 82, Nr. 10, 1972.
- 16 FRÖHLICH, E.:
Die Involution des Parodontiums, Symptomatologie und
Differenzialdiagnose;
Dtsch. Zahnärztl. Z. 9, S. 1005 - 1021, 1965.
- 17 GERLACH, H.:
Alterveränderungen am Zahnbein;
II. Die Kalziumverteilung im Zahnbein und ihre
Verschiebung mit zunehmendem Alter;
Gegenbaurs Morphol. Jb. 65, s. 481 - 496, 1931.
- 18 GUSTAFSON, G.:
Altersbestimmung an Zähnen;
Dtsch. Zahnärztl. Z. 10, Heft 23, s. 1763 - 1768, 1955.
- 19 HÄUPL, K., MEYER, W., SCHUCHARDT, K.:
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde;
Band 1, Verlag urban und Schwarzenberg, München/Berlin
1958.
- 20 HARMS, V.:
Biomathematik, Statistik und Dokumentation;
Harms Verlag, Kiel 1982.
- 21 HIEMER, H.R.:
Untersuchungen zur Altersbestimmung an Zähnen;
Med. Diss., München 1975.

22 HOHMANN, A..

Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralisationsgrad von Zahndentin und Lebensalter als Beitrag zu den forensischen Methoden zur Altersbestimmung des Menschen;

Med. Diss.; Marburg a.d. Lahn 1953.

23 JOHNSON, C.C.:

Transparent dentine in age estimation;

Oral pathology 25, Nr. 6, p. 834 - 838, 1968.

24 KEMPKES, G.:

Über die Möglichkeit der Alterbestimmung an den Zähnen;

Med. Diss., Marburg 1954.

25 KIESEL, W.:

Untersuchungen zur Altersbestimmung des Menschen auf Grund von Messungen der Wandstärke und Härte des Dentins;

Med. Diss., Mainz 1973.

26 KRAUSE, D., REIMANN, W.:

Altersbestimmung durch Messung der Wurzeltransparenz an intakten Zähnen;

Vortrag 6. Tag d. Ges. f. ger. Med. d. DDR in Halle/Saale, 1978.

27 KÜHNS, C.:

Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der harten Zahnschubstanzen des Menschen in verschiedenen Altersstufen;

Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 13, s. 361 - 377, 1895.

28 MATSIKIDIS, G.:

Altersbestimmung aus Zahnfilmen;

Med. Diss., Heidelberg 1981.

29 MAY, G.:

Untersuchungen über Möglichkeiten einer Altersbestimmung durch Messung des Aschegehalts der Zähne;
Stoma 5, s. 67 - 73, 1952.

30 MILES, A. E. W.:

Dentition in the Estimation of Age;
J. dent. Res. 42, p. 255 - 263, 1963.

31 MÜLLER, B.:

Gerichtliche Medizin 1;
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1976.

32 OSCHINSKY, L.:

Vergleichende Untersuchungen über die Weite der Dentinkanälchen im menschlichen Gebiß;
Med. Diss., Frankfurt a.M. 1921.

33 PILZ, W.:

Forensische Stomatologie;
Joh. Ambros. Barth Verlag, Leipzig 1974.

34 PILZ, W.:

Beiträge zur Biomorphose der Zahnhartgewebe I, II;
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 30, S. 381 - 404, 1959.

35 POHL, H.:

Schriftl. Kurznotizen über seine Dissertation;
München 1981.

- 36 POTHMANN, C.:
Härtemessungen am Dentin menschlicher Zähne;
Stoma 18, S. 182 - 187, 1965.
- 37 RAUSCHKE, J.:
Handwörterbuch der Rechtsmedizin;
Ferd. Enke Verlag, stuttgart 1973.
- 38 RHEINWALD, U.:
Über das Altern der Zähne;
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 46, S. 177 -
209, 1966.
- 39 SAUERWEIN, E.:
Kariologie;
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1974.
- 40 SCHRANZ, D.:
Die gerontologischen Beziehungen in der gerichtlichen
Medizin;
Dtsche. Z. f. ger. Medizin 51, 161 - 172, 1961.
- 41 SCHULZ, R.:
Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung
der Menschenzähne verschiedenen Alters;
Korresp.-Bl. Zahnärzte 27, 1 1898.
- 42 SCHWARZ H. R., BLICK, U. W., LIEBHARDT, E.:
Untersuchungen zur Altersbestimmung an Zähnen;
Beitr. Gerichtl. Medizin 36, S. 369 - 372, 1978.

- 43 SCHWERD, W.:
Rechtsmedizin für Mediziner und Juristen;
Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1979.
- 44 SEIFERT, E.:
Über die Brauchbarkeit von Altersbestimmungen an
Zähnen;
Med. Diss., Leipzig 1958.
- 45 SUTOR, M.:
Eine korrelationstheoretische Berechnung zwischen
Lebensalter der Zähne und deren zunehmender Verkalkung;
Korresp. Bl. f. Zahnärzte 61, 10, 1937.
- 46 SZABO, J.:
Die Größenverhältnisse des Carum Pulpae nach Alters-
stufen;
Österr. Ungar. Vjschr. f. Zahn-, Mund- und Kiefer-
heilk. 1, S. 12 - 14, 1900.
- 47 THOMA, H.:
Alters- und Geschlechtsbestimmung aus dem Gebiß;
Kriminalistik 10, 1953.
- 48 VÖTTER, W.:
Zeitliche und geographische Unterschiede in der Ab-
rasion der Zähne;
Med. Diss., München 1973.
- 49 WUNDERER, H.:
Kieferorthopädie;
Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1973.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Liebhardt für die Überlassung des Themas und die Korrektur der Manuskripte danken.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. Josephi für die vielen wertvollen Ratschläge und Hinweise, die er mir während der Anfertigung dieser Dissertation erteilte.

Und nicht zuletzt möchte ich meiner Verlobten Sabine besonders herzlich danken für die vielen Stunden, die sie mit dem Tippen des Manuskriptes verbrachte.

LEBENS LAUF

Geboren wurde ich, Franz Seil, am 18. Oktober 1955 in Tann/Ndb. als Sohn des Schreinermeisters Franz Seil und dessen Ehefrau Erna, geborene Pinzennöller.

Von 1962 bis 1966 besuchte ich die Volksschule in Tann/Ndb., 1966 zog ich mit meinen Eltern nach Simbach am Inn, wo ich von 1966 bis 1975 den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig des Tassilo-Gymnasiums besuchte und dort mein Abitur ablegte.

Im November 1975 erhielt ich meine Zulassung zum Studium der Zahnheilkunde an der Universität München.

Im Wintersemester 1976/77 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Sommersemester 1978 die zahnärztliche Vorprüfung.

Am 14. Juli 1981 legte ich das zahnmedizinische Staatsexamen ab und war anschließend als Assistent für ein Jahr bei der Bundeswehr in Pfreimd in der Oberpfalz tätig.

Danach war ich jeweils ein Jahr in der Praxis Dr. Küffer in München und bei Zahnarzt Neumaier in Markt Schwaben beschäftigt.

Am 1. Oktober 1985 eröffnete ich meine zahnärztliche Praxis in Simbach am Inn.

